

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3108 / Průmyslový management

Studijní obor: Management jakosti

**Vliv procesu údržby na změnu prodyšnosti tkaniny**

**The Effect of the Maintenance Process to Alter the Permeability of Fabrics**

Bc. Martina Svozilová

KHT 068

**Vedoucí práce:** Ing. Marie Havlová, Ph.D.

**Rozsah práce a příloh:**

**Počet stran práce:** 71

**Počet stran příloh:** 39

## **Oficiální zadání:**

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 30. 4. 2011

.....

Podpis:

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Marii Havlové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady a připomínky. Dál také Ing. Jitce Novákové (*Katedra textilních materiálů*) za pomoc s programem Lucia<sup>TM</sup>G a Ing. Pavle Těšinové (*Katedra hodnocení textilií*) za pomoc při praní materiálů.

Mé poděkování patří ale především rodičům a přátelům za psychickou a materiální pomoc, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá třemi oblastmi – hodnocením prodyšnosti, hodnocením porosity a údržbou textilií. Hlavním tématem je ověření závislostí mezi výše uvedenými vlastnostmi textilií, pracími cykly a v neposlední řadě také strukturou tkaniny.

Teoretická část je věnována řešerši vědeckých prací, které se zabývají danou problematikou. Uvádí možné způsoby hodnocení porosity a prodyšnosti. Pozornost je věnována také tomu, jaký význam má prodyšnost pro běžné uživatele. Konkrétně se vztahuje na materiály, ze kterých se zhotovují pracovní oděvy.

Tato část práce se dále zabývá vztahem mezi strukturou tkaniny a prodyšností. A také vlivem údržby tkanin na jejich kvalitativní vlastnosti.

V experimentální části práce obsahuje statistické vyhodnocení změn prodyšností na základě počtu pracích cyklů. Vysvětluje dynamiku změn prodyšnosti. Ověřuje závislost mezi porositou a prodyšností u jednotlivých tkanin. V závěru se práce zabývá otázkou, jak výsledné vlastnosti tkanin – po 50ti pracích cyklech – ovlivňují kvalitu pracovních oděvů.

### **Klíčová slova**

- porosita
- prodyšnost
- údržba tkanin
- struktura
- predikce prodyšnosti

## **Annotation**

The thesis deals with three areas - evaluation of permeability, evaluation of porosity, and maintenance of textiles. The main theme will verify the relationships between the above-mentioned properties of textiles, washing cycles, and last but not least the structure of the fabric.

The theoretical part is devoted to research of scientific papers dealing with the issue. It highlights possible ways of assessing porosity and permeability. Attention is also given to understanding the importance of permeability for common users. Specifically, it refers to materials which are used for manufacturing of work clothes.

This part further deals with the relationship between the structure and breathability of fabrics and the influence of fabric maintenance on their qualities.

The experimental part includes statistical evaluation of permeability changes based on the washing cycle. It explains the dynamics of changes in permeability. It verifies the dependence between porosity and permeability of individual fabrics. In conclusion, the thesis deals with the question of how the final properties of fabrics - after 50 washing cycles - affect the quality of work clothes.

## **Keywords**

- porosity
- permeability
- permeability prediction
- maintenance of textiles
- structure of fabrics

## Seznam použitých zkratk a symbolů:

$P$	[1]	porosita vyjádřená z podílu měrných hmotností
$\rho_{VLK}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost vláken (klimatizovaná)
$\rho_V$	[kg/m <sup>3</sup> ]	objemová měrná hmotnost plošné textilie
$k$	[1]	vlhkostní faktor
$V_p$	[1]	vlhkostní přírážka
$\rho_{VLS}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost suchých vláken
$\rho_{H2O}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost H <sub>2</sub> O při 20°C
$\psi$	[1]	porosita vyjádřená z podílu objemů
$V_c$	[m <sup>3</sup> ]	celkový objem vlákenného útvaru
$V$	[m <sup>3</sup> ]	objem vláken
$\mu$	[1]	zaplnění tkaniny
$\mu_o/\mu_u$	[1]	zaplnění osnovních nití/ zaplnění útkových nití
$P_s$	[1]	porosita vyjádřená z plošného zakrytí
$CF$	[1]	plošné zakrytí podle Peirce
$D_o/D_u$	[1/m]	dostava osnovy/dostava útku
$d_o/d_u$	[m]	průměr osnovních přízí/ průměr útkových nití
$T_o/T_u$	[tex]	jemnost osnovních přízí/ jemnost útkových přízí
$A_1$	[m <sup>2</sup> ]	hodnota otevřené plochy póru typu 1 dle Gooijera
$\pi$	[3,14]	Ludolfovo číslo
$W_1$	[m]	omočený obvod póru dle Gooijera
$P_g$	[1]	porosita podle Gooijera
$n_{so}/n_{su}$	[1]	počty osnovních/ útkových nití ve střídě vazby
$n_{p1}$	[1]	počet pórových buněk typu p <sub>1</sub> obsažených ve střídě vazby
$t_{tk}$	[1]	tloušťka tkaniny
$V_{zo+}$	[m <sup>3</sup> ]	obsah zakříženého úseku nitě
$A_{zo+}$	[m <sup>2</sup> ]	povrch zakříženého úseku nitě
$P_L$	[1]	porosita dle Lua
$\varphi$	[°]	úhel provázání
$\alpha_{pl}$	[m <sup>2</sup> ]	otevřená plocha póru typu 1 dle Lua
$W_{pl}$	[m]	smočený obvod póru dle Lua
$V_{zo-}/V_{zo+}$	[m <sup>3</sup> ]	objem nezakříženého úsek/ objem zakříženého úseku nitě

$\cos$	[1]	goniometrická funkce kosinus
$n_o/n_u$	[1]	počet osnovních/ útkových typů pórových buněk obsažených ve střídě vazby
$CF_{mod}$	[1]	zaplnění tkaniny dle Šindelkové
$a$	[m]	průměr deformovaných nití
$n_{defvb}$	[1]	počet deformovaných vazných bodů ve střídě vazby
$M_{def}$	[m <sup>3</sup> ]	plocha deformovaných nití ve střídě vazby
$stř$	[m <sup>2</sup> ]	celková plocha střídě vazby
$P_{sm}$	[1]	modifikovaná plošná porosita
$H1$	[m <sup>2</sup> ]	plocha póru typu 1 dle Šindelkové
$\Delta p$	[Pa]	tlakový spád
$v$	[m/s]	povrchová rychlost tekutiny
$E, F$	[1]	konstanty
$LP$	[Pa]	koeficient tlakového spádu
$\rho_a$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu
$Re$	[1]	Reynoldsonovo číslo
$d_p$	[m]	průměr póru
$P_s$	[1]	plošná porosita
$\nu$	[m <sup>2</sup> /s]	kinematická viskozita vzduchu
$AP$	[m/s]	predikce prodyšnosti dle Militkého
$S_{vz}$	[m <sup>2</sup> ]	zkušební plocha vzorku
$CO$		bavlna
$VS$		viskóza
$o/ú$		osnova/ útek



## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	7
1. Úvod.....	11
2. Cíle práce .....	12
3. VÝZNAM PRODYŠNOSTI PRO UŽIVATELE, POŽADAVKY NA PRACOVNÍ ODĚVY .....	14
3.1 Prodyšnost u pracovních oděvů .....	15
4. VZTAH MEZI STRUKTUROU TKANINY A PRODYŠNOSTÍ.....	16
5. METODY HODNOCENÍ VLIVU ÚDRŽBY TKANIN NA ZMĚNU JEJICH KVALITATIVNÍCH VLASTNOSTÍ.....	18
6. PROBLEMATIKA HODNOCENÍ PRODYŠNOSTI .....	20
6.1 Obecný postup zkoušky hodnocení prodyšnosti: .....	20
6.2 Model prodyšnosti dle Militkého .....	22
7. EXPERIMENTÁLNÍ A TEORETICKÉ MODEL Y HODNOCENÍ POROSITY .....	23
7.1 Vyjádření porosity dle Staňka.....	24
7.2 Vyjádření porosity dle Neckáře .....	24
7.3 Stanovení porosity z plošného zakrytí .....	25
7.4 Model pro stanovení porosity dle Gooijera.....	26
7.5 Model stanovení porosity dle Lua.....	27
7.6 Model porosity tkaniny podle Havrdové.....	29
7.7 Model pro vyjádření porosity podle Šindelkové.....	30
7.7.1 Modifikovaná plošná porosita.....	30
7.7.2 Horizontální porosita.....	31
8. POPIS EXPERIMENTU.....	33
8.1 Přístroj pro zjišťování prodyšnosti FX 3300 – TEXTTEST – Instruments.....	37
8.2 Softwarový systém na určování porosity Lucia <sup>TM</sup> G .....	39
8.3 Parametry a nastavení údržby .....	42
9. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI.....	44

9.1 Změny prodyšnosti u jednotlivých materiálů v závislosti na počtu pracích cyklů .....	48
10. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POROSITY .....	53
10.1 Změny porosity u jednotlivých materiálů v závislosti na počtu pracích cyklů .....	57
11. ZÁVISLOST PRODYŠNOSTI NA HODNOTÁCH POROSITY .....	59
11.1 Měření průměrů přízí a dostav materiálů .....	61
11.2 Korelace mezi predikovanou a experimentální porositou .....	64
12. Závěr .....	68
Seznam použité literatury.....	70

## 1. Úvod

V současné době je zákazník čím dál náročnější při výběru oděvů. Proto je kladen velký důraz na jejich fyziologický komfort. Komfortem oděvů se rozumí stav, kdy nositel nevnímá žádné nepříjemné vjemy. V této práci je pozornost zaměřena na materiály, ze kterých se vyrábí pracovní oděvy. Ty musí splňovat jak klimatický komfort, tak i komfort pohyblivosti. Ve fyziologii odívání má značný význam prodyšnost, neboť soubor textilních vrstev, ze kterých se skládá oblečení, napomáhá termoregulační činnosti organismu.

Prodyšnost je jednou ze základních vlastností textilních materiálů. Je to schopnost plošné textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek. Prodyšnost je závislá na struktuře materiálu a má velmi zásadní vliv na použití textilií. Jak v oblasti oděvní, tak technické.

Struktura materiálu je značně složitá, stejně tak je i složité její chování a možné deformace způsobené silovými účinky procházejícího vzduchu.

Současným cílem při výrobě tkanin je predikce vlastností, které bude daná tkanina mít. Předpokládá znalost souvislostí mezi vnitřní strukturou tkaniny a jejími vlastnostmi. Mezi tyto vlastnosti patří i prodyšnost. Získávání skutečných hodnot prodyšnosti je velmi složitý proces, neboť při něm působí velká spousta faktorů. Při odhadování prodyšnosti se proto vychází především z predikce porosity, pro niž je vytvořena řada teoretických modelů. Porosita textilií je přímo úměrná prodyšnosti těchto textilií.

Výzkum může zajistit predikci vlastností u tkanin, ovšem požadované vlastnosti hotového oděvního výrobku lze zajistit jen do určité míry. Oděvní výrobek je totiž při používání podrobován mechanickým, chemickým, nebo fyziologickým vlivům. Tím dochází k opotřebení materiálu a ke změnám vlastností tkanin.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit, jakým způsobem ovlivňuje údržba oděvů jednu z nejdůležitějších užitných vlastností – prodyšnost.

## 2. Cíle práce

Na téma – predikce prodyšnosti, její vliv na strukturu tkaniny - už bylo napsáno mnoho prací. Některé z nich jsou uvedeny v textu práce. Zaměřovaly se převážně na strukturu materiálů a její vliv na prodyšnost. Parametrů struktury ovlivňující prodyšnost je celá řada, např.: průměr osnovních a útkových nití, dostava osnovních a útkových nití, případně typ vazby. Vliv má také tloušťka materiálu. Za jeden z nejdůležitějších parametrů struktury tkaniny z hlediska prodyšnosti lze považovat porositu. Porositu lze vyjádřit jako poměrné zastoupení objemů pórů vzduchu vůči celkovému objemu textilie. Při většině experimentů se pracovalo s různými tkaninami.

Cílem teoretické části je zaměřit se na autory odborných prací, kteří se zabývají problematikou prodyšnosti, jejím vyjádřením, popisem a vyhodnocením změn prodyšnosti. V rešeršní části se objevují i metody hodnocení vlivu údržby tkanin na změnu jejich kvalitativních vlastností. Při experimentu se použijí běžné tkaniny, které jsou určeny na výrobu pracovních oděvů. Zvláštní pozornost se tedy v teoretické části věnuje významu prodyšnosti pro uživatele, převážně významu parametru pro pracovní oděvy.

Prioritním cílem této práce je zhodnotit změny prodyšnosti v závislosti na daném počtu pracích cyklů. Měření proběhne na reálných tkaninách určených na výrobu pracovních oděvů. Kromě prodyšnosti se u materiálů naměří i porosita, která je s prodyšností úzce spjata, a to pomocí obrazové analýzy.

Měřit se bude v okolí předem naznačených značek na jednotlivých materiálech. Vždy po určeném počtu pracích cyklů. Pravidla měření platí pro experimentální měření hodnot prodyšnosti i porosity.

V závěru práce se objeví vzájemný vztah mezi hodnotami prodyšnosti a hodnotami porosity.

## PRODYŠNOST

Je jednou z nejdůležitějších užitných vlastností tkanin. U textilií, které jsou určeny pro oděvní účely, ovlivňuje prodyšnost termofyziologický komfort. U některých zejména sportovních oděvů – dresů je vysoká prodyšnost oděvu žádoucí. U zimního oblečení nebo oblečení pro vysokohorskou turistiku, které je vystaveno chladicímu účinku vzduchu je naopak vysoká prodyšnost zakázána [1]. U technických textilií je prodyšnost více či méně žádána podle účelu použití. Např. u textilií pro stany, spacáky, airbagy a filtračních textilií je jedním z nejdůležitějších faktorů určujících jejich funkčnost. V každém případě je prodyšnost textilií velmi důležitou vlastností, kterou je zapotřebí hodnotit [1]. Podle normy ČSN EN ISO 9237 je prodyšnost definována jako:

***Rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu.***

Propustnost se rozděluje na:

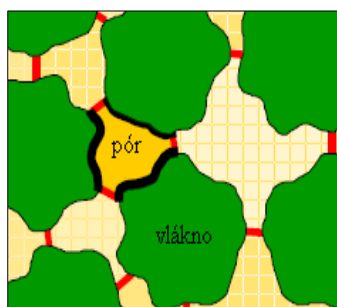
- Propustnost vzduchu, propustnost vodní páry, propustnost vody a propustnost tepla

Tyto propustnosti se vyskytují nejen u oděvních textilií, které jsou součástí oděvů, ale též u textilií technických [2].

## POROSITA

Je vlastnost, jenž zásadním způsobem ovlivňuje prodyšnost tkaniny. Její nízká hodnota je příčinou nízkého komfortu oděvních výrobků. To znamená, že má vliv na souhrn všech vjemů spotřebitele při nošení oděvu. Porosita vyjadřuje množství vzduchu, které je obsaženo v tkanině, ale nevypovídá nic o jeho rozložení v tkanině, o velikosti či tvaru jednotlivých pórů, o jejich vzájemném uspořádání apod. Na porositu má vliv tvar příčného řezu vlákna, který určuje, jak těsně k sobě vlákna v přízi dosedají, zejména ve vnitřních oblastech příze. Povrch pórů lze odvodit z předpokladu, že tam, kde končí vlákno, začíná vzduch kolem něj. Povrch pórů je tedy i současně povrchem vláken [3].

Porosita charakterizuje objem mezivláknenných prostorů, ale neurčuje velikost „štěrbín“ mezi vlákny. Tam se proto zavádí vhodné fiktivní hranice ( $\backslash$ ), a tak se rozděluje mezivláknenný prostor na tělesa připomínající „trubky“ či „vzduchová vlákna“. Nazývají se **póry**. Každý pór je v kontaktu s vlákny a také s okolními póry. Pro určování vlastností pórů se používají stejné analogické rovnice jako pro vlákna, jen jsou značeny indexem „p“. [3]



*Obr. 1.: Příčný řez přízí*

V plošné textilií se nachází tři základní skupiny pórů:

- Póry uvnitř vláken
- Póry uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny
- Póry vytvořené mezi osnovními a útkovými nitěmi – tzv. mezinitné póry [4]

### **3. VÝZNAM PRODYŠNOSTI PRO UŽIVATELE, POŽADAVKY NA PRACOVNÍ ODĚVY**

Prodyšnost materiálů umožňuje při nošení oděvu přirozené větrání pod oděvem, při kterém se odvádí oxid uhličitý vznikající pod oděvem a další zplodiny, vylučované pokožkou v důsledku látkové výměny [5].

Základní fyziologicko-hygienické vlastnosti textilních materiálů (mj. i propustnost pro páry a vzduch) mají velký význam pro hodnocení hygieničnosti oděvu. Tyto vlastnosti materiálů umožňují regulovat oděvní mikroklima, které podmiňuje subjektivní pocity člověka, jeho náladu a pracovní schopnost [5].

Jakmile se z textilních materiálů vytvoří výrobek a používá se, dochází k tomu, že jeho vlastnosti získávají dynamický charakter a jsou ovlivňovány jak ze strany organismu, tak okolního prostředí [9].

Pórovitost je hodnota velmi důležitá a má úzký vztah s tepelně izolačními vlastnostmi plošné textilie, neboť tuto vlastnost vytváří staticky uzavřený vzduch v konstrukci textilie [9].

### **3.1 Prodyšnost u pracovních oděvů**

Pracovní oděv patří k nejpoužívanějším prostředkům individuální ochrany pracujících. Musí vyhovovat těmto základním požadavkům:

- zabezpečovat udržení normálního funkčního stavu člověka a jeho pracovní schopnosti,
- chránit před účinkem škodlivých výrobních činitelů,
- nevyvolávat toxické nebo dráždivé účinky na kůži,
- mít dostatečnou odolnost proti opotřebení,
- estetickou úroveň [5].

Každý druh pracovního oděvu musí odpovídat konkrétním požadavkům podle podmínek jeho použití [5]. Segment pracovního a ochranného oblečení lze rozdělit z hlediska náročnosti pracovního prostředí, pro které je určeno, na dvě skupiny. Jednu představují pracovní oděvy standardního charakteru do méně náročných podmínek bez specifických požadavků na jeho vlastnosti. Do druhé patří speciální ochranné oblečení určené pro použití v extrémních podmínkách.

Textilní materiály na výrobu pracovních oděvů se vybírají tak, aby co nejvíce uspokojovaly ochranné, užitné a hygienické požadavky. Proto se v laboratorních podmínkách vedle ochranných vlastností zjišťují další ukazatele, např. pevnost, odolnost vůči oděru, tuhost, prodyšnost, nasákavost, hmotnost atd [5].

K výrobě pracovních oděvů se používají bavlněné, lněné a vlněné tkaniny, impregnované nebo opatřené z jedné strany (nebo oboustranně) vrstvami přípravků, které jim dodávají požadované ochranné vlastnosti: odolnost proti vodě, prachu, kyselinám atd.

## 4. VZTAH MEZI STRUKTUROU TKANINY A PRODYŠNOSTÍ

Snahou při výrobě tkanin je dosáhnout požadované kvality při zachování minimálních výrobních nákladů a maximální efektivity výroby. Dosažení těchto požadavků je závislé na znalosti souvislostí mezi strukturou tkaniny a jejími vlastnostmi [8].

Cílem výroby je získat produkt s určitými vlastnostmi. Důležitou fází při projektování nové tkaniny je predikce jejich užitných vlastností. Mezi tyto patří také porosita a prodyšnost tkaniny [8].

Porosita je považována za jeden z nejdůležitějších parametrů struktury tkaniny z hlediska prodyšnosti. Z tohoto důvodu je vhodné predikovat porositu již při navrhování tkaniny [8].

Vlastnosti plošných textilií ovlivňují nejen vlastnosti samotných vláken a struktura nitě, ale i jejich konečná úprava a konstrukce plošné textilie. Ne všechny vlastnosti vláken a nití se projevují stejně. Jsou relativně zastoupeny v různých poměrech [2].

### Textilní vlákna

Vlákna jako taková nemají při stálé teplotě a vlhkosti vzduchu na prodyšnost textilních materiálů rozhodující význam. Předpokládá se, že vlákna jsou neprodyšná a jejich rozměry se nemění. Do modelů popisujících geometrii struktur „nadřazených“ textilnímu vlákně se nejčastěji zahrnuje jemnost textilních vláken a jejich objemová měrná hmotnost. Na porositu působí i tvar příčného řezu vláken, který má vliv na to, jak daleko od sebe jsou vlákna v přízi umístěna [4].

### Příze

Vlastnosti přízí, především jejich průměr a zaplnění, jsou velmi důležité a rozhodující při hodnocení prodyšnosti plošných textilií [4].

### Tkaniny

Z hlediska hodnocení prodyšnosti jsou u tkanin rozhodující tyto základní charakteristiky: vazba, použitý materiál, dostava a jemnost použitých nití ve směru



osnovy a útku. Vliv může mít i chlupatost přízí. Prodyšnost se také liší u režných tkanin od prodyšností upravených, nebo potištěných tkanin. Změny prodyšnosti lze zaznamenat i u tkanin, které jsou už nějakou dobu používány, a nebo prošly řadou prací cyklů [4].

Prodyšnost materiálů ovlivňuje vlastnosti jejich struktury a druh úpravy. Prodyšnost textilií je závislá na jejich tloušťce a objemové hmotnosti, vlhkosti, počtu vrstev a na tloušťce vzduchových vrstev mezi jednotlivými vrstvami oděvu. Jak se zvětšuje tloušťka textilie (při stále objemové hmotnosti), zmenšuje se počet průchozích pórů, a tím klesá prodyšnost materiálů. Materiály o stejné tloušťce, avšak s různou objemovou hmotností se vyznačují nestejnou prodyšností. Se zvětšující se objemovou hmotností textilie (při stále tloušťce) její prodyšnost klesá [5].

Prodyšnost textilií se rovněž snižuje s růstem jejich vlhkostí. Snížení se vysvětluje zaplněním pórů vodou a nabobtnáním vláken, které brání průchodu vzduchu materiálem [5].

Autorkou, která se touto problematikou zabývala, byla Šindelková [7]. Cílem její práce bylo zhodnotit stávající modely predikce prodyšnosti a navrhnout nový model. Při hodnocení prodyšnosti se zaměřila na vliv změny tlakového spádu, druhu vazby, dostavy a jemnosti na změnu prodyšnosti tkaniny. Při posuzování vlivu tlakového spádu bylo na základě naměřených hodnot zjištěno, že při zvyšujícím se tlakovém spádu se prodyšnost tkanin zvyšovala, a to téměř lineárně. Ovšem velikosti nárůstů prodyšnosti byly u jednotlivých druhů vazeb rozdílné.

Hodnocením a predikcí prodyšnosti textilií na základě vlastností struktury tkaniny se zabývala ve své diplomové práci také Čapková [11]. Pro experiment používala tkaniny v plátňové vazbě ze směsi bavlna a polypropylen. Ověřila, že prodyšnost ovlivňuje velkou měrou jak materiálové složení, tak i dostava a jemnost příze, ze které je tkanina zhotovena. Vliv materiálu vyvozuje z rozdílné měrné hustoty vláken bavlny a polypropyleny. Prodyšnost se dále snižuje se zvětšující se dostavou útku, jelikož se tím zvyšuje zakrytí útku. Z hlediska jemnosti mají tkaniny zhotovené z přízí větší jemnosti menší prodyšnost, jelikož s nárůstem jemnosti dochází k nárůstu počtu vláken v průřezu a roste také průměr příze. Prodyšnost je silně závislá i na tloušťce tkaniny a samozřejmě i na její porositě.

Hodnocením téměř stejných vlastností v závislosti na změně prodyšnosti se zabývala i Šustrová [14], ve své diplomové práci. Cílem práce bylo ověřit stávající modely, které predikují porositu a prodyšnost a pokusit se navrhnout nový model pro predikci porosity. Dalším úkolem bylo zhodnotit vlivy těch vlastností přízí a tkanin, které se co nejvíce podílejí na prodyšnosti tkanin. Porovnávala materiály ze 100% bavlny a materiály s podílem polypropylenu. Slovní hodnocení jejích výsledků by bylo stejné jako u předcházející práce.

Hodnota prodyšnosti reaguje na způsob provázání osnovních a útkových nití ve tkanině. Jsou-li ve vazbě tkaniny volně ležící neprovázané úseky nití, vlivem proudu vzduchu dochází k oddalování těchto nití a dochází tak ke zvyšování její prodyšnosti. Záleží také na rozmístění těchto volně ležících úseků nití ve vazbě. Jsou-li tyto úseky vedle sebe, vzniknou proudem vzduchu tzv. kapsy, které snižují intenzitu prostupujícího vzduchu [4].

## 5. METODY HODNOCENÍ VLIVU ÚDRŽBY TKANIN NA ZMĚNU JEJICH KVALITATIVNÍCH VLASTNOSTÍ

Údržba textilií je pro bezproblémové a dlouhodobé užívání textilních výrobků stejně důležitá jako správná volba textilií při nákupu [16].

Obecně je praní jedním z nejdůležitějších a nejobvyklejších procesů údržby. Perou se textilie ze všech přírodních vláken, z chemických i syntetických vláken i ze směsí. Účelem praní je převážně odstranit nečistoty. Při praní působí na textilie chemické látky rozpuštěné ve vodě a mechanické vlivy (tlak, tření, tah, kroucení aj.). K odstranění běžné špíny je třeba především mechanické síly a pracích prostředků [17]. Prací proces se rozděluje na tři dílčí procesy:

- **Smáčení** textilní suroviny pracím roztokem je dokonalé pokrytí povrchu textilního materiálu prací substancí (adsorpce) a částečné pronikání pracího roztoku do povrchové vrstvy vlákna (absorpce) [17].
- **Vlastní praní** je závislé na druhu a formě textilie, na charakteru a množství nečistot a na strojním zařízení. Skládá se z pochodů:
  - Uvolnění nečistot a jejich rozptýlení v prací lázni

- Zabránění zpětného usazování, tzv. redepozici, uvolněných nečistot na vypraný textilní materiál [17]
- **Oplachování** je odstranění uvolněných nečistot, pracích prostředků a chemikálií.

Účinnost praní závisí na:

- složení a vlastnostech pracích prostředků,
- teplotě prací lázně,
- koncentraci pracího prostředku v prací lázni,
- pH prací lázně [17].

Při praní se musí dodržovat podmínky, které zabezpečí správnost čištění. Co se týče úplně nových textilií, mělo by se dbát na to, aby se ihned nepoužívala maximální možná (byť povolená) teplota. Materiál se při nižších teplotách nebude tolik srážet a zachová si poddajnost. Nově barvené kusy tkanin mohou obsahovat ještě zbytky barviv, nebo přebytná barviva, proto při praní může dojít k „pouštění“ barev, popř. k zabarvení jiných kusů tkanin, které by se praly současně s barvenou textilií [16].

Při praní se musí bezpodmínečně dodržovat pokyny uvedené na štítku s informacemi o péči. Všechny symboly – *piktogramy* – pro praní, bělení, sušení, žehlení a profesionální ošetřování textilií jsou stejně důležité [16].



*Obr. 2.: Symboly údržby textilií [22]*

Rozhodující význam pro úspěch praní a šetrnosti k materiálům má správné plnění pračky a správný poměr prací lázně. Poměr mezi suchým prádlem v kilogramech a prací lázní by měl být 1:5 [16].

Důležitý je i poměr mezi objemem náplně suchého prádla a objemem bubnu pračky, popř. sušičky. Přetížení vede k silnému srážení, zvýšenému mačkání, zešednutí, ke zklamání z výsledku praní a také k předčasnému opotřebení kvůli přepínání a následnému zničení tkaniny [16].

V případě nedostatečného dávkování pracích prostředků dochází ke vzniku mimo jiné vápenných uloženin na prádle, které vedou ke ztvrdnutí textilií na omak, v případě bílého prádla ke snížení bělosti a ke změnám barevného odstínu u barevného

prádla. Mimo to podléhá prádlo s usazeninami vápna rychlejšímu opotřebení a je těžší odstraňovat skvrny [16].

Testováním stárnutí tkanin a testováním změn vlastností u bavlněných materiálů v závislosti na pracích cyklech se věnovala Pejchalová [18] ve své bakalářské práci. Práce je zaměřena na vlastnosti, kterými jsou vzhled, komfort a mechanické vlastnosti. Podrobně zkoumala sráživost, bělost, pevnost, tažnost a oděr u materiálů, které byly podrobeny až 100 pracím cyklům. Z výsledků je patrné, že se bavlněné vzorky víc a víc srážely v závislosti na zvyšujícím se počtu pracích cyklů. Po stém vyprání byla srážlivost téměř 15%. Materiály se víc srážely ve směru osnovy.

U všech materiálů se dá sledovat také poměrně rychlá klesající intenzita bělosti a průměrná hodnota pevnosti. Naopak hodnota tažnosti u všech zkušebních vzorků se zvyšovala v závislosti na počtu pracích cyklů. Odolnost oděru odpovídá a je úměrná hodnotě pevnosti [18].

## **6. PROBLEMATIKA HODNOCENÍ PRODYŠNOSTI**

Prodyšnost materiálů se charakterizuje koeficientem, který udává, jaké množství vzduchu projde danou plochou materiálu [5]. K propustnosti vzduchu dojde tehdy, je-li na obou stranách textilie rozdílný barometrický tlak a vykazuje-li textilie nenulovou hodnotu pórovitosti. Na základě tohoto rozdílu  $\Delta p$  je dána rychlost prostupu. Pórovitost je tedy strukturálním ekvivalentem propustnosti vzduchu [2].

Prodyšnost se zjišťuje na přístrojích, které pracují na principu vytváření určitého rozdílu tlaků z obou stran textilního vzorku, takže vzduch tímto vzorkem prochází [5].

### **6.1 Obecný postup zkoušky hodnocení prodyšnosti:**

Zkušební materiál se upne do čelistí přístroje. Musí se dbát na to, aby na testovaném místě nebyly žádné záhyby, švy, nebo zmačkaná místa. Po zapnutí sacího ventilátoru začne skrze materiál procházet vzduch. Průtok vzduchu se postupně seřizuje tak, aby na zkušební ploše vznikl požadovaný tlakový spád. Výsledná hodnota průtoku vzduchu se zaznamená graficky na displeji na hlavě stroje. Prodyšnost se vyjadřuje v jednotkách [mm/s], případně v jiných jednotkách rychlosti proudu vzduchu. Test –

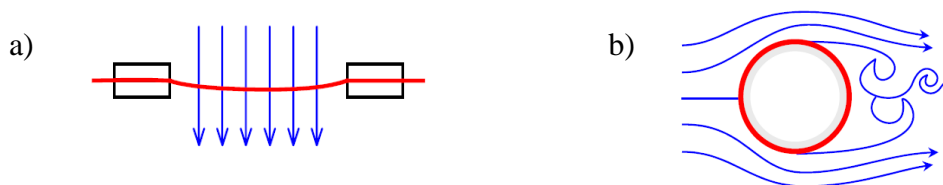
měření prodyšnosti se opakuje alespoň na deseti různých místech zkušebního materiálu [4].

Stanovení prodyšnosti se dá rozdělit do dvou skupin. Jednu skupinu představují metody založené na tvrzení, že porositu je možné brát jako strukturální ekvivalent propustnosti. V případě, že se **zanedbají** rozdíly mezi oběma charakteristikami, dalo by se mluvit o zjišťování porosity.

- Přímo: na základě experimentálního měření některé z vlastností, které mají přímou souvislost s porositou daného materiálu. Mezi metody zjišťující porositu patří: optická, hustoměrná a objemová metoda.
- Nepřímo: na základě teoretických modelů, které jsou založeny na způsobu proudění tekutiny přes textilií nebo na geometrii póru – což je základní jednotka textilie. Modely pracují s teorií, že tkaniny mají relativně pravidelnou strukturu s opakujícími se vaznými body. Dále lze modely členit na:
  - modely charakterizující porositu na základě popisu proudění tekutiny
  - geometrické – popisující porositu ve směru kolmém na plochu textilie, ve směru rovnoběžném s plochou tkaniny, nebo na základě geometrie fraktálů
  - predikční – pomocí např. neuronových sítí [8].

Druhou skupinu představují metody experimentálního přímého měření prodyšnosti pomocí zkušebních přístrojů. Měření prodyšnosti lze rozdělit vzhledem ke geometrii zkoušeného vzorku na:

- Klasická: vzorek je orientován kolmo k proudícímu vzduchu v celé jeho ploše. Tato metoda je vhodná především pro měření tkanin.
- Alternativní: vzorek je ve tvaru válce či elipsy, což lépe charakterizuje oděvní výrobek. Měřicí soustava je umístěna v prostředí proudícího vzduchu. Tato metoda by měla přiblížit podmínky reálného nošení oděvů jednak z hlediska rychlosti a charakteru proudění větru, jednak z hlediska geometrie zkoumaného vzorku [8].



Obr. 3.: Schéma měření prodyšnosti a) klasickým a b) alternativním způsobem[8]

Přesné vyjádření prodyšnosti je velmi složité, prodyšnost je závislá na mnoha faktorech, na vlastnostech všech podřazených textilních útvarů, na síle a rychlosti proudícího vzduchu, atd.

## 6.2 Model prodyšnosti dle Militkého [15]:

Vychází z představy tkaniny na základě pórového modelu. Tlakový spád  $\Delta p$  [Pa] můžeme podle Militkého vyjádřit jako:

$$\frac{\Delta p}{t_{tk}} = Ev + F^2 v \quad (1)$$

kde  $t_{tk}$  [m] je tloušťka tkaniny,  $v$  [m/s] je povrchová rychlost tekutiny a  $E, F$  jsou konstanty, které závisí na typu proudění a typu pórů. Celkový tlakový spád může být nahrazen koeficientem tlakového spádu  $LP$ :

$$LP = \frac{\Delta p}{0,5 \rho_a v} \quad (2)$$

kde  $\rho_a$  [kg/m<sup>3</sup>] je hustota vzduchu. Tlakový spád je závislý na Reynoldsově čísle:

$$Re = \frac{v d_p}{\nu} \quad (3)$$

kde  $d_p$  [m] je průměr póru,  $P_s$  [1] je plošná porosita a  $\nu$  [m<sup>2</sup>/s] kinematická viskozita vzduchu. Celkový spád  $LP$  může být určen jako funkce Reynoldsova čísla  $Re$  a porosity tkaniny  $P$ :

$$LP = \frac{1-P}{P^2} \left( \frac{40}{Re^{0,75}} + (1-P) \right) \quad (4)$$

Tento vztah platí pro hodnoty Reynoldsova čísla  $Re \cong 1$ . Vztah mezi celkovým tlakovým spádem  $LP$  a predikcí prodyšnosti  $AP$  [m/s] lze vyjádřit následovně:

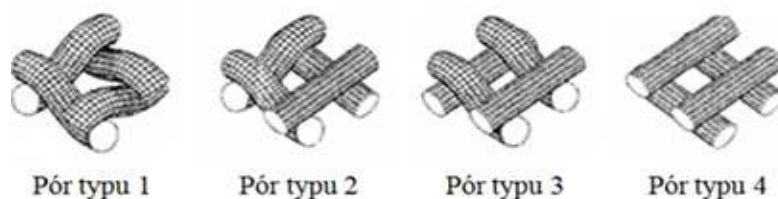
$$LP = \frac{2}{S_{vz}^2 \rho \Delta p AP^2} \rightarrow AP = \sqrt{\frac{2}{S_{vz}^2 \rho \Delta p LP}}, \quad (5)$$

kde  $S_{vz}$  [m<sup>2</sup>] je zkušební plocha vzorku 20 cm<sup>2</sup>.

## 7. EXPERIMENTÁLNÍ A TEORETICKÉ MODELY HODNOCENÍ POROSITY

Porosita se vyjadřuje celou řadou teoretických postupů, nebo pomocí experimentálních metod, které jsou ovšem více či méně přesné. Hodnota porosity může být buď v procentech v intervalu <0;100> a nebo ji udává poměrné číslo z intervalu <0;1>. Při použití procentuálního vyjádření tedy vyjadřuje porosita procentuální zastoupení vzduchu v textilií [4].

Většina prací, které se zabývají hodnocením porosity tkanin vycházejí ze základního rozdělení čtyř typů pórů, které nadeřinoval Backer [6]. Kombinace těchto typů pórových buněk tvoří základ jakékoliv tkaniny. Vazby tkanin se liší jen jejich uspořádáním [4].



Obr. 4.: Základní rozdělení čtyř typů pórů podle Backera [6]

Pór typu 1 je nejprovázanější, má největší setkání a nejmenší plochu póru. Plátňová vazba je složena jen z tohoto typu póru.

Pór typu 2 se vyskytuje např. v keprových a atlasových vazbách.

Pór typu 3 se vyskytuje např. v rypsových a panamových vazbách a dle orientace se dělí na pór 3A a 3B.

Pór typu 4 je nejméně provázaný, s nejmenším setkáním a má největší plochu póru [7].

Plošná textilie vytvořená přímo z vláken (netkané textilie) nebo nití (tkaniny, pleteniny) má mezi vlákny jisté množství vzduchových pórů. Vyjádření tohoto stavu podává tzv. pórovitost [9].

## 7.1 Vyjádření porosity dle Staňka

Pórovitost vyjadřuje poměr vláken k mezivláknennému prostoru v textili

$$P = \frac{\rho_{VLK} - \rho_V}{\rho_{VLK}}, \quad (6)$$

kde  $\rho_{VLK}$  je měrná hmotnost vláken (klimatizovaná) [ $\text{kg/m}^3$ ] a  $\rho_V$  je objemová měrná hmotnost plošné textilie [ $\text{kg/m}^3$ ].  $\rho_{VLK}$  vypočteme dosazením do vztahu:

$$\rho_{VLK} = \frac{k}{\frac{1}{\rho_{VLS}} + \frac{k-1}{\rho_{H_2O}}}, \quad (7)$$

kde  $\rho_{VLS}$  je měrná hmotnost suchých vláken [ $\text{kg/m}^3$ ],  $\rho_{H_2O}$  je měrná hmotnost  $\text{H}_2\text{O}$  při  $20^\circ\text{C}$  [ $\text{kg/m}^3$ ] a  $k$  je vlhkostní faktor, který se vypočítá vztahem:

$$k = 1 + (V_p/10^2), \quad (8)$$

kde  $V_p$  je vlhkostní přirážka [2].

## 7.2 Vyjádření porosity dle Neckáře

Podle Neckáře [10] vyjadřuje porosita podíl objemu vláknenného útvaru vyplněného vzduchem. Vláknenný útvar má celkový objem  $V_c [\text{m}^3]$ , vlákna v něm mají objem  $V [\text{m}^3]$ . Objem vzduchu (neboli mezivláknenných prostorů) je  $V_c - V$ .

$$\Psi = \frac{V_c - V}{V_c} = 1 - \frac{V}{V_c} = 1 - \mu. \quad (9)$$

V rovnici hraje roli zaplnění tkaniny  $\mu$  [1]. Stejný objem vzduchu však může být v několika málo velkých pórech, nebo v množství malých pórů [10].



Porositu je možno stanovit několika různými metodami. Vzhledem ke složitosti textilní struktury, obsahuje každá z těchto metod nějaké zjednodušující předpoklady, které vedou k nepřesnostem.

### 7.3 Stanovení porosity z plošného zakrytí

Dá se říct, že definuje doplněk plošného zakrytí tkaniny a předpokládá, že průřez nití bude kruhový. Tento model vychází z kolmého průmětu tkaniny do roviny tkaniny, zanedbává třetí rozměr tkaniny a také vliv její vazby. Porosita se zde stanoví pomocí výpočtu:

$$P_s = 1 - CF, \quad (10)$$

kde  $CF$  je plošné zakrytí podle Peirce a nabývá hodnot z intervalu  $\langle 0;1 \rangle$ . Následný výpočet  $CF$  vychází ze znalostí dostav a průměrů přízí.

$$CF = D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u * D_o D_u. \quad (11)$$

Hodnoty průměrů osnovních a útkových nití lze zjistit buď experimentálně, pomocí obrazové analýzy, nebo výpočtem.

$$d_o = \sqrt{\frac{4T_o}{\pi \rho_o \mu_o}}. \quad (12)$$

Pro útkové nitě se ve vztahu jen prohodí indexy „o“ za „u“. Pro výpočet je ale třeba znát další charakteristiky přízí. Např.  $T_o, T_u$  je jemnost příze [tex],  $\rho_o, \rho_u$  je hustota vláken [ $\text{kg/m}^3$ ] a  $\mu_o, \mu_u$  je zaplnění osnovní nebo útkové niti.

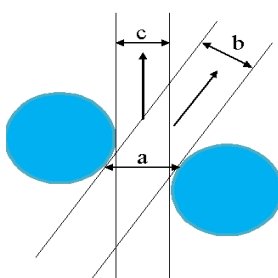
Tento model není vhodný, pro hustě dostavené tkaniny, u kterých se plošná porosita může rovnat nule, což by znamenalo, že u nich nedochází k žádnému průchodu vzduchu [11]. Podle Havrdové [4] navíc není dostačující. Vypovídá pouze o tom, kolik je v textilií obsaženo vzduchu, ale nevypovídá nic o jeho rozložení.

## 7.4 Model pro stanovení porosity dle Gooijera [12]

Pro tento model je určující typ vazby tkaniny a zčásti zahrnuje i prostorovost tkaniny. Přijímá několik předpokladů, mezi které patří:

- každý pór přispívá k prodyšnosti stejnou měrou,
- proudění tekutiny v pórech je laminární
- průřezy nití jsou kruhové.

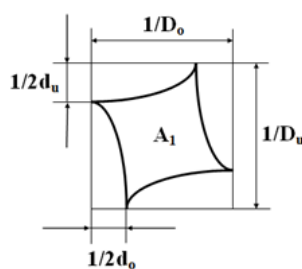
Model sice vychází ze čtyř typů póru dle Backera [6], ale popírá, že by vzduch procházel jen kolmo k rovině tkaniny. Proto Gooijer provedl příčné řezy pórů a stanovil nejužší příčné plochy pórů.



Obr. 5.: Možnosti stanovení plochy póru dle Gooijera

Z obrázku je vidět, že takto získaná plocha póru (a) je větší než u šikmého směru (b). Průměr plošného póru (c) znázorňuje plochu póru při kolmém průmětu do roviny, jenž je nejmenší. Na základě těchto předpokladů provedl Gooijer průmět omezených obvodů pórů v jejich nejužším místě a výsledkem pak byly plochy pórů.

Na obrázku je znázorněn pór typu 1.



Obr. 6.: Plocha póru typu 1 podle Gooijera

Přičemž hodnota otevřené plochy  $A_1$  se vypočítá rovnicí:

$$A_1 = \frac{1}{D_0} \frac{1}{D_{u1}} - \frac{\pi}{4} d_{u1}^2 \left( \frac{1}{D_0} - \frac{d_0}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_0^2 \left( \frac{1}{D_{u1}} - \frac{d_{u1}}{2} \right), \quad (13)$$

a hodnota omočeného obvodu  $W_I$ :

$$W_1 = \pi \left[ \sqrt{\frac{d_o^2 \left( \frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right)^2}{2}} + \sqrt{\frac{d_u^2 \left( \frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right)^2}{2}} \right], \quad (14)$$

kde  $D_o, D_u$  [1/m] jsou dostavy a  $d_o, d_u$  [m] jsou průměry osnovních, popř. útkových nití.

Porosita  $P_g$  [1] se pak vyjadřuje jako podíl celkové plochy pórů 1 ve střídě vazby  $A_1$  a celkové plochy střídě vazby tkaniny:

$$P_g = \frac{n_{p1} A_1}{\frac{1}{D_o} n_{so} \frac{1}{D_u} n_{su}}, \quad (15)$$

kde  $n_{so}$  a  $n_{su}$  jsou počty osnovních a útkových nití ve střídě vazby a  $n_{p1}$  je počet pórových buněk typu  $p_1$  obsažených ve střídě vazby.

Model je jednoduchý, pro svou realizaci vyžaduje znalosti jen základních charakteristik a použitelný i pro materiály s hustou dostavou.

## 7.5 Model stanovení porosity dle Lua [13]

Model je trojrozměrný a také čerpá z poznatků Backerovy [6] definice čtyř typů pórových buněk a z Peircova modelu vazné vlny zakříženého úseku nitě v tkanině. Dá se říct, že je nejpropracovanější a snaží se o nejpresnější popis tvarových charakteristik mezinitného póru. Vychází z předpokladů, že:

- nitě jsou neprodyšné
- průřezy nití jsou kruhové
- tkanina je vyrovnaná (tloušťka tkaniny  $t_{tk} = d_o + d_u$ )
- zakřížený úsek nitě ve tkanině se skládá z kruhového válce a dvou zakřížených úseků

Obsah zakříženého úseku nitě  $V_{zo+}$  a jeho povrch  $A_{zo+}$  jsou dány vztahem:

$$V_{so+} = \frac{\pi d^3 \sqrt{\left(\frac{1}{D}\right)^2 - 3d^2}}{4} + 2 \frac{\pi \varphi d^3}{4}, \quad (16)$$

$$A_{so+} = \pi d \sqrt{\left(\frac{1}{D}\right)^2 - 3d^2} + 2\pi \varphi d^2. \quad (17)$$

Dalším důležitým faktorem pro práci s tímto modelem je celkový objem pórové buňky

$$V_c = \frac{1}{D_o D_u} (d_o + d_u). \quad (18)$$

Výpočet porosity póru typu 1 je odvozen z předpokladu, že  $D_o = D_u = D$ ,  $d_o = d_u = d$  a

$\phi_o = \phi_u = \phi$ :

$$P_L = \frac{2d \left(\frac{1}{D}\right)^2 - 2V}{2d \left(\frac{1}{D}\right)^2} = 1 - \frac{\pi d \left( \sqrt{\left(\frac{1}{D}\right)^2 - 3d^2} + 2\phi d \right)}{4 \left(\frac{1}{D}\right)^2}. \quad (19)$$

Pro výpočet otevřené plochy póru typu 1 a jeho smočeného obvodu se využije rovnic:

$$\alpha_{pl} = \frac{\sqrt{\phi_{ou}^2 + 1}}{2\phi_{ou}} + \frac{\phi_{ou}}{2} \ln \left( \frac{1 + \sqrt{\phi_{ou}^2 + 1}}{\phi_u} \right) - \frac{1}{\phi_{oo}} - \frac{\sqrt{\phi_{ou}^2 + 1}}{\phi_{ou} \phi_{uu}} \left( 1 - \frac{1}{\phi_{oo}} \right), \quad (20)$$

$$W_{pl} = 2d_u \left[ \sqrt{\phi_{ou}^2 + 1} \left( 1 - \frac{1}{\phi_{oo}} \right) E \left( k, \frac{n}{2} \right) + \sqrt{\phi_{uu}^2 + 1} \right]. \quad (21)$$

Ve vztazích platí, že  $\phi_{ou} = \frac{\frac{d}{D_o}}{d_u}$ ,  $\phi_{oo} = \frac{\frac{d}{D_o}}{d_o}$ ,  $\phi_{uu} = \frac{\frac{d}{D_u}}{d_u}$  a  $E \left( k, \frac{n}{2} \right)$  je eliptický integrál

druhého typu s proměnnou  $k$ .

Vysoká komplikovanost modelu může být do značné míry „nadbytečná“. Při použití modelu u staplových přízí může podle Havrdové [4] docházet k porušení uvedených předpokladů a kolísání konstrukčních parametrů.

## 7.6 Model porosity tkaniny podle Havrdové [4]

Stejně jako dva předchozí modely vychází z Backerova [6] rozlišení čtyř typů pórů. Model je navržen pro tkaniny ze staplových přízí, je závislý na vazbě tkaniny a je 3dimenzionální. Mezi předpoklady modelu patří:

- mezinitné póry jsou zanedbány
- příze se modeluje jako válec s kruhovým průřezem
- tkanina je vyrovnaná

Všechny pórové buňky jsou tvořeny ze dvou úseků osnovních a dvou úseků útkových nití, liší se jen kombinacemi zakřížených a nezakřížených úseků. Celkový objem pórové buňky určuje rovnice:

$$V_c = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} (d_o + d_u). \quad (22)$$

Celkový objem pórové buňky je zčásti vyplněn přízí. U nezakříženého úseku je celkový objem menší než u zakříženého úseku. V místě vazného bodu je vyplnění příze největší – dá se říct, že stoprocentní. Všechny vazné body jsou chápány jak kolmé překřížení dvou válců nad sebou. Tady se 4 typy pórových buněk nijak významně neliší. Rozdíl je především v místech spojovacích úseků těchto vazných bodů. Pórová buňka typu 1 je zaplněna nejvíc, je nejprovázanější a tkaniny, které jsou sestaveny z těchto pórů typu 1, jsou nejméně prodyšné.

Objem nezakříženého  $V_{zo-}$  a zakříženého  $V_{zo+}$  úseku, který zasahuje do pórové buňky lze vyjádřit stejnou rovnicí jako pro výpočet poloviny válců:

$$V_{zo-} = \frac{\pi d_o^2}{8} \left( \frac{1}{D_u} - d_u \right), \quad (23)$$

$$V_{zo+} = \frac{\pi d_o^2}{8} \left( \frac{\frac{1}{D_u} - d_u}{\cos \varphi} \right), \quad (24)$$

kde  $\varphi$  je úhel provázání osnovní nitě. Při výpočtech nezakřížených a zakřížených úseků útkových nití se použije místo úhlu  $\varphi$  úhel  $\psi$ . Ve vztazích se prohodí indexy „o“ za „u“.

Objem pórové buňky typu 1 vyplněné vzduchem se vyjádří:

$$V_1 = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{so} + 2V_{su}]. \quad (25)$$

Porosita tkanin s plátňovou vazbou se následně vyjádří:

$$P_h = \frac{n_{p1} V_1}{V_c n_o n_u}, \quad (26)$$

kde  $n_{p1}$  je počet jednotlivých typů pórových buněk obsažených ve střídě vazby  $n_o$  a  $n_u$ .

## 7.7 Model pro vyjádření porosity podle Šindelkové [7]

Autorka vytvořila dva modely pro výpočet plošné porosity, které zahrnují deformaci průřezu nitě ve vazném bodě, v závislosti na vazbě tkaniny.

### 7.7.1 Modifikovaná plošná porosita [7]

Tento model vychází jen z kolmého průmětu tkaniny do roviny. Navíc ale spočívá v předpokladu, že se nit deformuje a to v místech zakřížení osnovní a útkové nitě a v jejím blízkém okolí. Deformace probíhá z důvodu působících sil v místě zakřížení.

Zaplnění tkaniny  $CF_{mod}$  se vypočte ze vztahu:

$$CF_{mod} = \frac{\frac{M_{def} n_{defvb}}{n_{so} n_{su}}}{str}, \quad (27)$$

kde  $a$  [m] je průměr deformovaných nití,  $n_{so}$ ,  $n_{su}$  je počet osnovních, nebo útkových nití ve střídě vazby,  $n_{defvb}$  je počet deformovaných vazných bodů ve střídě vazby,  $M_{def}$  [m<sup>3</sup>] je plocha všech těchto nití ve střídě vazby, která se vypočítá rovnicí:

$$M_{def} = \left( \left( n_{su} a_u * \frac{n_{so}}{D_o} \right) + \left( n_{so} a_o * \frac{n_{su}}{D_u} \right) \right) - (n_{so} n_{su} * a_o a_u), \quad (28)$$

a  $str$  [m<sup>2</sup>] je celková plocha střídy vazby, jež vyjadřuje vztah:

$$stř = \frac{1}{D_o} n_{so} * \frac{1}{D_u} n_{su}. \quad (29)$$

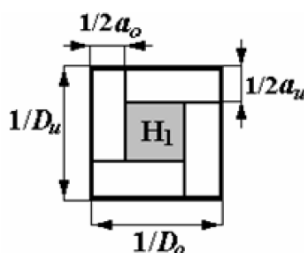
Konečný vztah pro výpočet modifikované plošné porosity  $P_{sm}$  je:

$$P_{sm} = 1 - CF_{mod}, \text{ tedy:} \quad (30a)$$

$$P_{sm} = 1 - \frac{\frac{M_{def} M_{defvb}}{M_{so} M_{su}}}{\frac{D_o D_u}}. \quad (30b)$$

### 7.7.2 Horizontální porosita

Druhý model od Šindelkové [7] vychází z Backerova [6] rozdělení čtyř typů póru a částečně je ovlivněn vazbou tkaniny a deformací nitě v místě zakřížení, stejně jako u předchozího modelu. Jen s tím rozdílem, že v tomto modelu se nepřipouští deformace v okolí zakřížení. Plochu póru typu 1 pro plátňovou vazbu lze znázornit obrázkem:



Obr. 7.: Plocha póru typu 1 podle Šindelkové

Plocha póru typu 1 s označením H1 se vypočítá následující způsobem:

$$H_1 = \left( \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} \right) - \frac{a_o}{D_u} - \frac{a_u}{D_o} + a_u a_o. \quad (31)$$

Horizontální porosita se následně stanoví jako podíl plochy všech pórů ve střídě vazby a celkové plochy střídě vazby:

$$P_{hor} = \frac{n_{p1} H_1}{\frac{M_{so} M_{su}}{D_o D_u}}. \quad (32)$$

Představením výše uvedených modelů pro predikci porosity (resp. prodyšnosti) tkaniny se ve své práci věnovala Čapková [11]. Jejím úkolem bylo zaměřit se na problematiku prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou, zvláště na vliv porosity nitě. V experimentální části porovnávala vlastní naměřené hodnoty prodyšnosti s výsledky získanými použitím modelů.

Při srovnání predikovaných prodyšností, je zřejmé, že experimentální prodyšnost nejlépe popisuje u řídkých tkanin model porosity podle Gooijera (kap. 7.4) a u hustě dostavených tkanin model plošné porosity (kap. 7.3).

Podobným srovnáním se zabývala i Šustrová [14], která tvrdí, že závislost prodyšnosti hodnocených tkanin na její porositě nejlépe vystihl model modifikované porosity (kap. 7.7.1). Porositu tkaniny nejméně charakterizoval model, který vyjadřoval porositu z podílu měrných hmotností tkaniny a vlákenného materiálu (kap. 7.1). Z uvedených hodnot korelačních koeficientů vyplývá, že k dobrému popisu porosity tkaniny postačí model vyjadřující porositu z plošného zakrytí (kap. 7.3). Jeho použití je snadné a relativně přesné.



## 8. POPIS EXPERIMENTU

Jednou z podmínek, aby se textilie mohly uplatnit jako oděvní materiály, je možnost jejich údržby. Pod slovy údržba textilií se rozumí soubor operací, pomocí kterých se udržují textilie čisté, bez bakterií, příjemné na omak a bez zápachu. Materiály určené pro výrobu oděvů musí být tedy možné prát či chemicky čistit a žehlit.

Cílem experimentu bylo zjistit, jak moc ovlivňuje údržba – tedy praní, sušení a žehlení – jednu z nejdůležitějších užitných vlastností, a to prodyšnost. S prodyšností je velmi spjatá porosita, která byla na vzorcích také naměřena.

Všechny materiály, použité při experimentu, poskytla firma **Palička** se sídlem v Pěňčíně na Moravě, která se specializuje na výrobu a prodej pracovních oděvů [19].

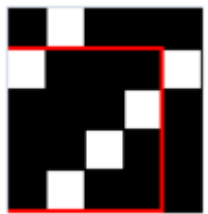
Ke každému materiálu byla přiložena visačka, kde byly uvedeny symboly pro ošetřování a údržbu, materiálové složení a speciální úpravy, kterým byly materiály podrobeny.

Grafické symboly – tzv. **piktogramy** uvedené na visačkách textilních výrobků, mají za úkol spotřebitele informovat. Mezi nejužívanější a nejznámější symboly patří symboly pro ošetřování. Podle normy ČSN EN ISO 3758 (80 0005) [20] jsou tyto symboly uváděny v pořadí praní, bělení, sušení, žehlení a profesionální ošetřování textilií.

Symboly jsou chráněny ochrannou známkou a pověřeným správcem této známky v České republice je sdružení SOTEX.


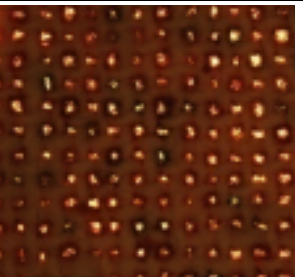
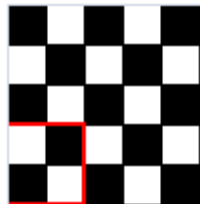
Pro experiment bylo k dispozici pět různých materiálů. Společně se řadí do skupiny materiálů určených k výrobě pracovních oděvů. U zobrazených materiálů je ve směru vodorovném útek tkaniny, osnova je kolmá, tedy ve směru svislém. U vazeb je červeným čtverečkem naznačena střída vazby – místo, které se opakuje. Plné čtverečky znázorňují osnovní vazný bod a prázdné útkový vazný bod.

Tab. 1.: Vzhled kepru a jeho střídý

Materiály použité k experimentu			
Označení materiálu pro další práci	Pohled na materiál z lící strany	Pohled na materiál z rubní strany	Naznačení vazby z lící strany
„kepr“			

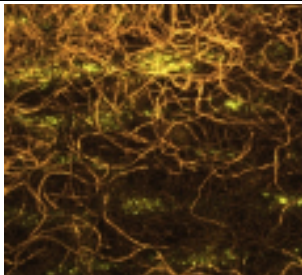
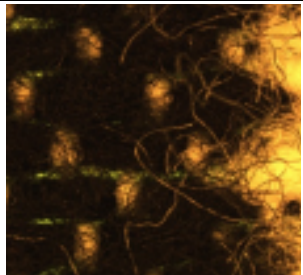
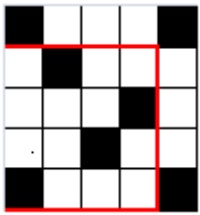
Hrubší bavlněná tkanina v keprové vazbě. Na povrchu má zdůrazněné šikmé řádkování. Má střidu vazby 4/4, takže se střídají vždy čtyři osnovní a čtyři útkové nitě v provázání, které se stále opakuje. Materiál prošel fází barvení, je celoplošně barvený, v barvě bordó. Tkanina je lehce naškrobená a používá se k výrobě pánských pracovních kalhot a blůz [21].

Tab. 2.: Vzhled potisku a jeho střídý

Označení materiálu pro další práci	Pohled na materiál z lící strany	Pohled na materiál z rubní strany	Naznačení vazby z lící strany
„potisk“			

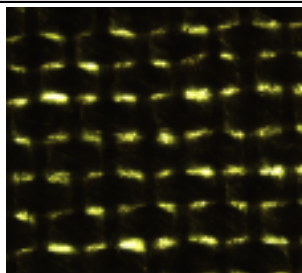
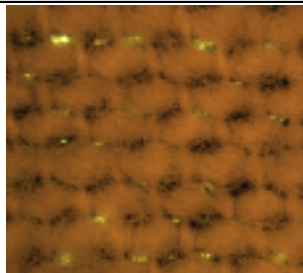
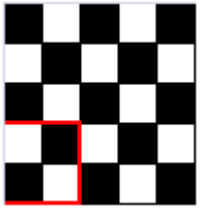
Materiál je bavlněný, v základní plátňové vazbě. Je to nejjednodušší a nejhustěji provázaná, oboustranná tkanina, se stejným vzhledem provázání z lící i rubní strany. Má střidu 2/2. Materiál je z lící strany potištěn, proto je z rubní strany viditelná původní barva přízí. Tisk má květinový motiv. Plátno má všestranné využití, např. halenky, šaty, apod.

Tab. 3.: Vzhled kalmuku a jeho střídy

Označení materiálu pro další práci	Pohled na materiál z lící strany	Pohled na materiál z rubní strany	Naznačení vazby z lící strany
„kalmuk“			

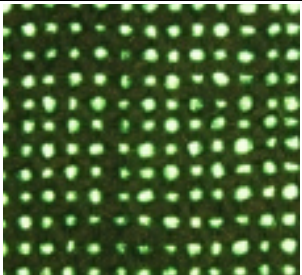
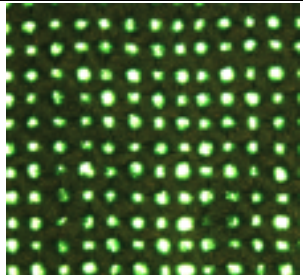
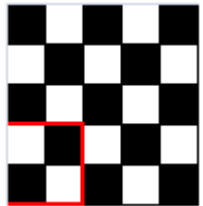
Materiál je směsový, obsahuje 38% bavlny a 62% viskózy. Kalmuk je bavlnářská, hustá a dvouútková tkanina velké hmotnosti, tkanina je počesaná, má plně zakrytou vazbu – lomený kepr, se střídou 4/4. Střídají se bílé a černé nitě a vytváří káro. Používá se např. na výrobu zimních řeznických pepit [21].

Tab. 4.: Vzhled flanelu a jeho střídy

Označení materiálu pro další práci	Pohled na materiál z lící strany	Pohled na materiál z rubní strany	Naznačení vazby z lící strany
„flanel“			

Materiál je bavlněný, v základní plátnové vazbě. Flanel má měkký příjemný omak a hustý vlas, který částečně zakrývá vazbu. Materiál je z lící strany potištěný, z rubní strany je bílý. Tisk vytváří kárový vzor. Flanel se používá např. k výrobě pyžam, pánských košil...

Tab. 5.: Vzhled plátna a jeho střídy

Označení materiálu pro další práci	Pohled na materiál z lící strany	Pohled na materiál z rubní strany	Naznačení vazby z lící strany
„plátno“			

Materiál je bavlněný, v plátňové vazbě. Celoplošně barvený. V tomto případě má zelenou barvu. Plátno má široké využití. Halenky, šaty, zástěry...

Pro experiment bylo třeba zjistit další, podrobnější vlastnosti materiálů. Některé z nich uvedl výrobce na visačkách. Ty jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tab 6.: Vlastnosti materiálů stanovené výrobcem.

	praní [°C]	žehlení [°C]	materiálové složení	speciální úpravy
kepr	95	200	100% CO	nesrážl. úprava, snížená stálobar.
potisk	60	200	100% CO	opt. zjasněno vysráženo
kalmuk	60	150	38% CO, 62% VS	česaný
flanel	60	200	100% CO	měkčený, oboustranně česaný
plátno	95	200	100% CO	nesrážlivá úprava

Za pomoci lupy a pravítka byla u materiálů stanovena dostava útku a osnovy a vazba tkanin, což jsou společně s průměrem nití, důležité vlastnosti pro predikci prodyšnosti. Měření probíhalo před zahájením prací cyklů.

Tab. 7.: Experimentálně zjištěná dostava materiálů před praním

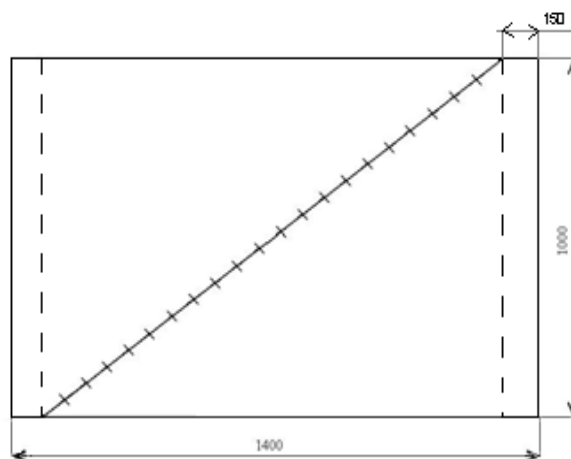
	Naměřené hodnoty [počet nití/cm]		Aritmetický průměr		Směrodatná odchylka		Modus	
	osnova	útek	o	ú	o	ú	o	ú
kepr	25, 25, 22, 26, 25	40, 42, 39, 40, 41	24,6	40,4	1,52	1,14	25	40
potisk	25, 24, 25, 25, 24	20, 18, 19, 20, 21	24,6	19,6	0,55	1,14	25	20
kalmuk	20, 21, 22, 20, 19	20, 20, 19, 20, 21	20,4	20,0	1,14	0,71	20	20
flanel	18, 18, 18, 19, 17	16, 17, 17, 16, 16	18,0	16,4	0,71	0,55	18	16
plátno	26, 26, 25, 26, 25	23, 22, 23, 25, 22	25,6	23,0	0,55	1,22	26	23

Tab. 8.: Vlastnosti materiálů stanovené rozbořem

	dostava [nití/cm]		vazba	způsob barvení
	osnova	útek		
<b>kepr</b>	40	25	keprová	celoplošné barvení
<b>potisk</b>	25	20	plátňová	celoplošný tisk
<b>kalmuk</b>	20	20	keprová	barevné nitě
<b>flanel</b>	18	16	plátňová	celoplošný tisk
<b>plátno</b>	26	23	plátňová	celoplošné barvení

Aby výsledky měření prodyšnosti byly porovnatelné, byly na materiálech naznačeny body, v okolí kterých se provádělo měření. Materiály byly vcelku, přičemž jejich přibližná plocha byla 1400x1000 mm. Bodů – značek, tedy i jednotlivých měření na každém materiálu, bylo celkem dvacet a byly souměrně rozmístěny po směru úhlopříčky na každém materiálu z lící strany. Značky byly ve vzdálenosti  $\pm 80$  mm. První značka a poslední byly umístěny až 150 mm od kraje.

K označení byla použita fixa na textil, která je odolná vůči vyprání.



Obr. 8.: Naznačení bodů na lící straně materiálu

## 8.1 Přístroj pro zjišťování prodyšnosti FX 3300 – TEXTTEST – Instruments

Byl použit pro všechna měření prodyšnosti uvedených v této práci.

### Princip činnosti přístroje a jeho stručný popis:

Obsluha je rychlá a jednoduchá. Umožňuje měřit prodyšnost všech druhů textilních materiálů od hustě dostavených tkanin po řídké netkané textilie.

Zkušební vzorek je načten do přístroje pouhým zatlačením upínacího ramene. Zvolený tlak je řízen automaticky a po několika sekundách se výsledek testu přímo a digitálně zobrazí na displeji ve vybraných měrných jednotkách.

#### Vlastnosti přístroje:

- Široký rozsah měření cca. 1 – 10 000 l/m<sup>2</sup>/s na 20 cm<sup>2</sup> zkušebního prostoru
- Pracuje v souladu se všemi známými zkušebními normami
- Automatická regulace zkušební tlaku
- Rychlé a jednoduché upnutí vzorku
- Tichý chod, dokonale vhodný pro použití v laboratoři
- Je kalibrovatelný [23]



*Obr. 9.: Přístroj k měření prodyšnosti 3300 – TEXTEST – Instruments*

Nyní se prodyšnost definuje a zjišťuje pomocí rychlosti proudu vzduchu procházejícího plošnou textilií, dříve z objemu vzduchu procházejícího plošnou textilií. Zkušební podmínky jsou doporučené, umožňují zvolit alternativní zkušební plochu a podtlak.

Vyhodnocování prodyšnosti probíhalo podle normy ČSN EN ISO 9237 [24]. Touto normou se nahrazuje ČSN 80 0817 z 24. 12. 1981.

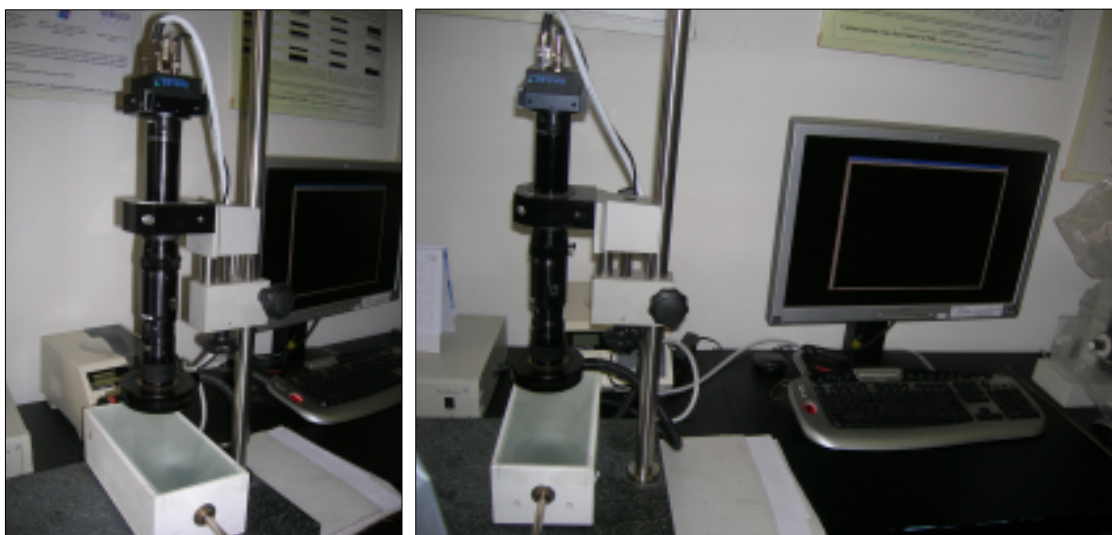
Je použitelná pro většinu typů plošných textilií, které jsou prodyšné, včetně průmyslových textilií pro technické účely, netkané textilie a textilní oděvní výrobky.

Výsledky měření prodyšnosti jsou uvedeny v tabulkách v *Příloze 1* a jsou zaznamenány v jednotkách [mm/s]. Měření probíhalo při tlakovém spádu 100 Pa, zkušební plocha vzorků je 20 cm<sup>2</sup>.

## 8.2 Softwarový systém na určování porosity Lucia<sup>TM</sup>G

Další vlastností naměřenou na materiálech byla porosita, která je v tomto experimentu spojena s obrazovou analýzou. Využívalo se programu **Lucia<sup>TM</sup>G**. Lucia<sup>TM</sup> G je softwarový systém pro analýzu barevného obrazu, který zpracovává a analyzuje TrueColor digitální obrazy. Rozlišení obrazu závisí na parametrech nastavených v ovladači obrazovky Windows a na hardwarové konfiguraci systému.

Systém Lucia G/F je rozšířením systému LUCIA G pro multispektrální analýzu obrazů. Kromě všech funkcí LUCIA G obsahuje funkce vyvinuté speciálně pro práci nezávisle na červené, zelené a modré složce barevného obrazu a dále umožňující kombinování všech tří složek s RGB obrazem zároveň.



*Obr. 10.: Zařízení umožňující snímání obrazu*

Na každém materiálu se snímalo dvacet obrazů, vždy v okolí značek na materiálu z lící strany. Snímání reálných obrazů umožňovala kamera značky Basler a mikroskop. Reálný obraz byl pomocí systému přenášen do počítače. K přesnému zaostření obrazů dopomáhal objektiv značky Navitar. Před každým měřením muselo být přesně nastavené měřítko snímání materiálů a fyzické parametry kamery, objektivu a mikroskopu. Materiály se snímaly jen při spodním osvitu.

Co se týče softwarového nastavení programu Lucia<sup>TM</sup>G, tak každý z materiálů měl nastavené vstupy – sílu (frekvenci) záření, u které se snímaly obrazy. U všech materiálů odpovídalo nastavení 10 ms, jen u kalmuku odpovídalo hodnotě 50 ms. Dál se

u materiálů nastavovaly definice prahování. Jsou to vlastně histogramy barev RGB (červená, zelená, modrá), které určují velikosti měřených pórů, když se reálné obrazy materiálů převedly na obraz binární.

- Prahování = funkce, která obecně upravuje hodnoty vstupů. V grafice se prahují jasové, či barevné složky pixelů obrazu. Hodnotu prahu lze pak určit například z barevného a jasového histogramu obrázku.
- Binární obraz = soubor, který obsahuje jakákoliv data, která jsou následně zpracovávána počítačovým programem. Obsahem souboru jsou čísla v binární soustavě (řetězec nul a jedniček), která reprezentují jistým způsobem uloženou informaci (obrázek). [25]

Celé nastavení parametrů definic prahování je uveden v *Tabulce 9*. Hodnoty prahování se u materiálů nastavovaly před každým měřením stejně, aby byly výsledky srovnatelné.

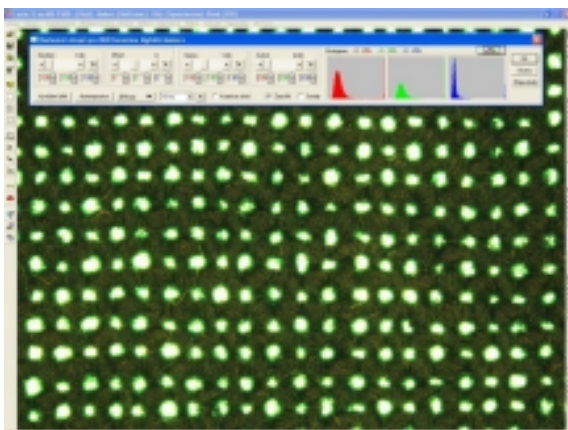
*Tab. 9.: Hodnoty prahování u jednotlivých materiálů*

<b>Hodnoty prahování jednotlivých materiálů</b>						
	dolní mez			horní mez		
<b>kepr</b>	0	0	0	35	35	35
<b>potisk</b>	0	0	0	95	60	60
<b>kalmuk</b>	0	0	0	80	76	17
<b>flanel</b>	0	0	0	30	41	35
<b>plátno</b>	0	0	0	68	85	35

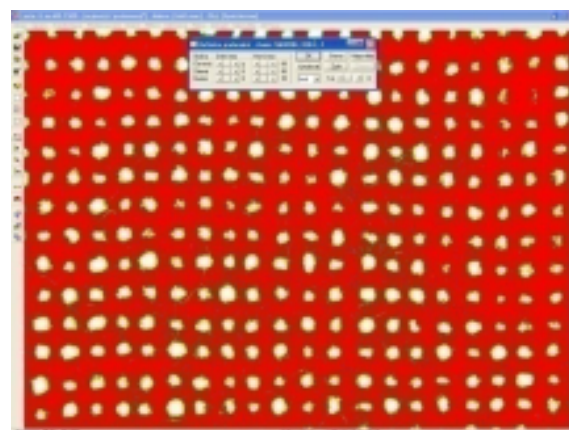
Program si nakonec sám, pomocí nastavení, vygeneroval póry a automaticky spočítal procentuální plošný podíl pórů. Na ploše byl naznačen měřicí rámeček. Objekty, které byly uvnitř rámečku, byly označeny zeleně a objekty vně rámečku modře. Do plošného podílu – hodnoty porosity – se počítaly jen objekty uvnitř rámečku. Objekty se rozumí vlastně póry materiálu. Obrázky jsou jen orientační, konkrétně je zobrazen materiál plátno.



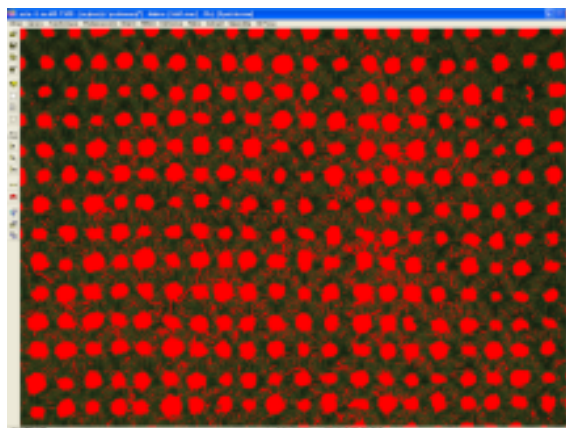
a)



b)

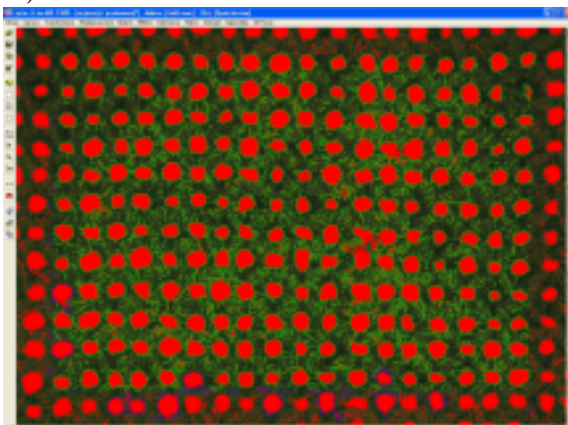


Obr. 11.: a) Nastavení vstupů snímání, b) Nastavení hodnot prahování – binární obraz

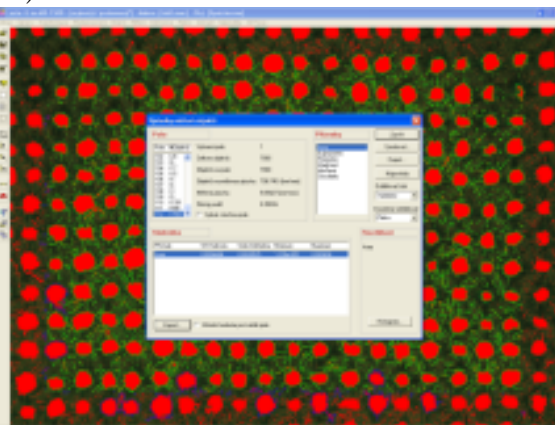


Obr. 12.: Doplněk k binárnímu obrazu

a)



b)



Obr. 13.: a) Označení objektů – pórů, b) Tabulka s výsledky měření

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách v Příloze 2 a jsou zaznamenány v procentech. Výsledných nasnímaných obrazů se dále při experimentu využívá při posouzení posuvu nití, změny chlupatosti a pro změření průměru nití a dostav!

### 8.3 Parametry a nastavení údržby

Při praní a vyhodnocování se pracovalo podle normy ČSN EN 26330 [26]. Tato norma nahrazuje ČSN 80 0821 z 4. 12. 1984. Norma obsahuje více volitelných postupů domácího praní a sušení, typů praček a detergentů. Jsou začleněny nové postupy sušení a žehlení. Postupy jsou shodně pro plošné textilie, oděvy nebo další textilní výrobky. V roce 2009 byla norma rozšířena a novelizována.

Protokol o zkoušce musí obsahovat následující údaje:

- a) typ pračky a použitý postup praní a sušení,
- b) typ použitého detergentu,
- c) podrobnosti o všech odchylkách od specifikovaných postupů

Prodyšnost i porosita byly naměřeny na materiálech před praním, po jednom, dvou, pěti, deseti, třiceti a padesáti pracích cyklech. Výsledky experimentu by měly mít v budoucnu prospěch pro běžného uživatele, proto se simulovalo domácí praní. Byl navolen klasický prací cyklus složený z hlavního praní, třech typů máchání a odstředování. Dva z materiálů (kepr a plátno) se praly při teplotě 95°C a tři zbývající (kalmuk, flanel, potisk) při teplotě 60°C. Teplota praní byla zvolena podle maximální teploty, která byla uvedena mezi symboly údržby na visačkách každého materiálu. Materiály se praly společně s doplňkovými textiliemi, což byly obroubené odstřihy ze 100% bělené bavlněné tkané prostěradloviny o plošné hmotnosti  $(155 \pm 5) \text{ g/m}^2$  a o rozměrech  $(92 \pm 5) \text{ cm} \times (92 \pm 5) \text{ cm}$ . Přesný postup programu praní je uveden v *Příloze 3*. Praní probíhalo v technické pračce typu **Miele – PROFESIONAL – W6071**.

Při praní se používal detergent, který nese obchodní označení **Derval Rent**. Podle normy se smí používat jen bezfosfátové prací prášky, je-li potřeba, mohou se použít enzymy. Jak už bylo řečeno, pracovalo se s materiály, které jsou určeny pro výrobu pracovních oděvů. V reálném životě bývají tyto materiály silně zašpiněny, proto byl zvolen právě tento prací prostředek, který obsahuje vysoce koncentrovaný zesilovač pracího účinku a odstraňovač tuku pro všechny druhy textilu.

Derval Rent je kapalná, tmavozlутá látka s mírně pichlavým zápachem, která je úplně mísitelná ve vodě. Neobsahuje optický zjasňovač, ani bělidlo a nejčastěji se

používá na bavlněné nebo směšové materiály. Ekologickou výhodou je, že je produkt biologicky odbouratelný, likvidace musí probíhat dle místních a celostátních předpisů.

Po praní se pro usnadnění a urychlení experimentu používala sušička typu **Miele – PROFESIONAL – PT7135C Plus**, kde byl nastaven program Vyvářka/barevné – Extra suché. Pračka i sušička jsou k dispozici v technické laboratoři na Katedře hodnocení textilií.

Pro experimentální měření se musí používat vzorky bez záhybů a zmačkání. K žehlení materiálů se využila napařovací žehlička značky **Tefal**. Při žehlení se na materiál „kalmuk“ působilo teplotou 150°C a na zbývající materiály (plátno, kepr, flanel a potisk) teplotou 200°C. Přesně podle zadání na visačkách.

a)



b)



Obr. 14.: a) Pračka Miele – PROFESIONAL, b) Sušička Miele – PROFESIONAL



Obr 15.: Žehlička Tefal

Při všech výše uvedených pokusech se pracovalo v laboratoři, kde byla průměrně nastavena teplota v místnosti na 22,4°C a vlhkost na 37%. Pro vzájemné porovnání prodyšnosti souboru tkanin je nezbytné dodržet stejné podmínky měření.

## 9. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI

Veškeré statistické vyhodnocení a tvorba grafů u tohoto experimentu se provádělo v programu **Matlab R2007b**.

MATLAB je výkonné, interaktivní prostředí pro vědecké a inženýrské výpočty a vizualizaci dat. MATLAB integruje numerickou analýzu, maticové výpočty, zpracování signálů a grafiku do uživatelsky příjemného prostředí, ve kterém se problémy a řešení zapisují stejně jako v matematice (bez tradičního programování).

MATLAB je interaktivní systém, jehož základním datovým prvkem je matice, u které se nezadáva rozměr. To vám umožňuje řešit mnoho numerických problémů podstatně rychleji než při použití klasických programovacích jazyků [27]. Při tvorbě skriptů v Matlabu potřebných pro tento daný experiment se využívaly rady z literatury [28], [29], [30].

Grafické znázornění měření prodyšnosti se nachází na *Obrázku 16. a,b*.

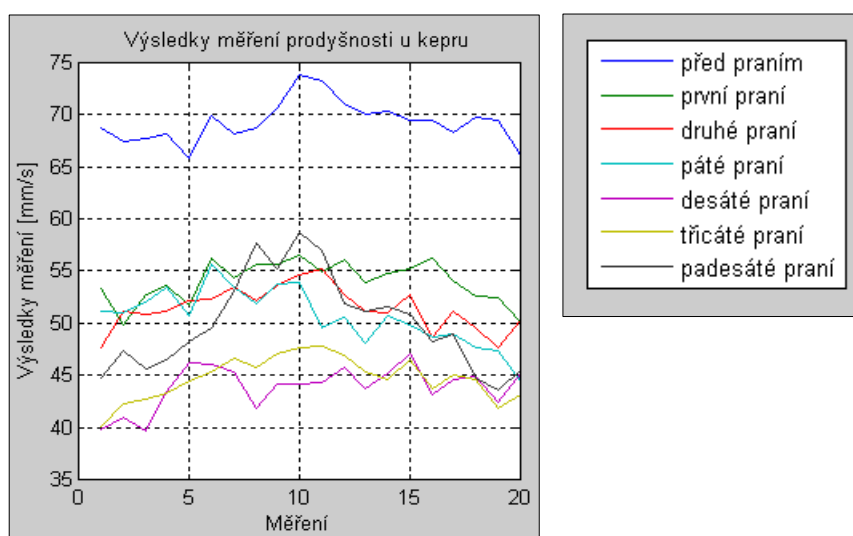
Pro vykreslení bodových grafů se v Matlabu použil skript:

```
figure(1)
```

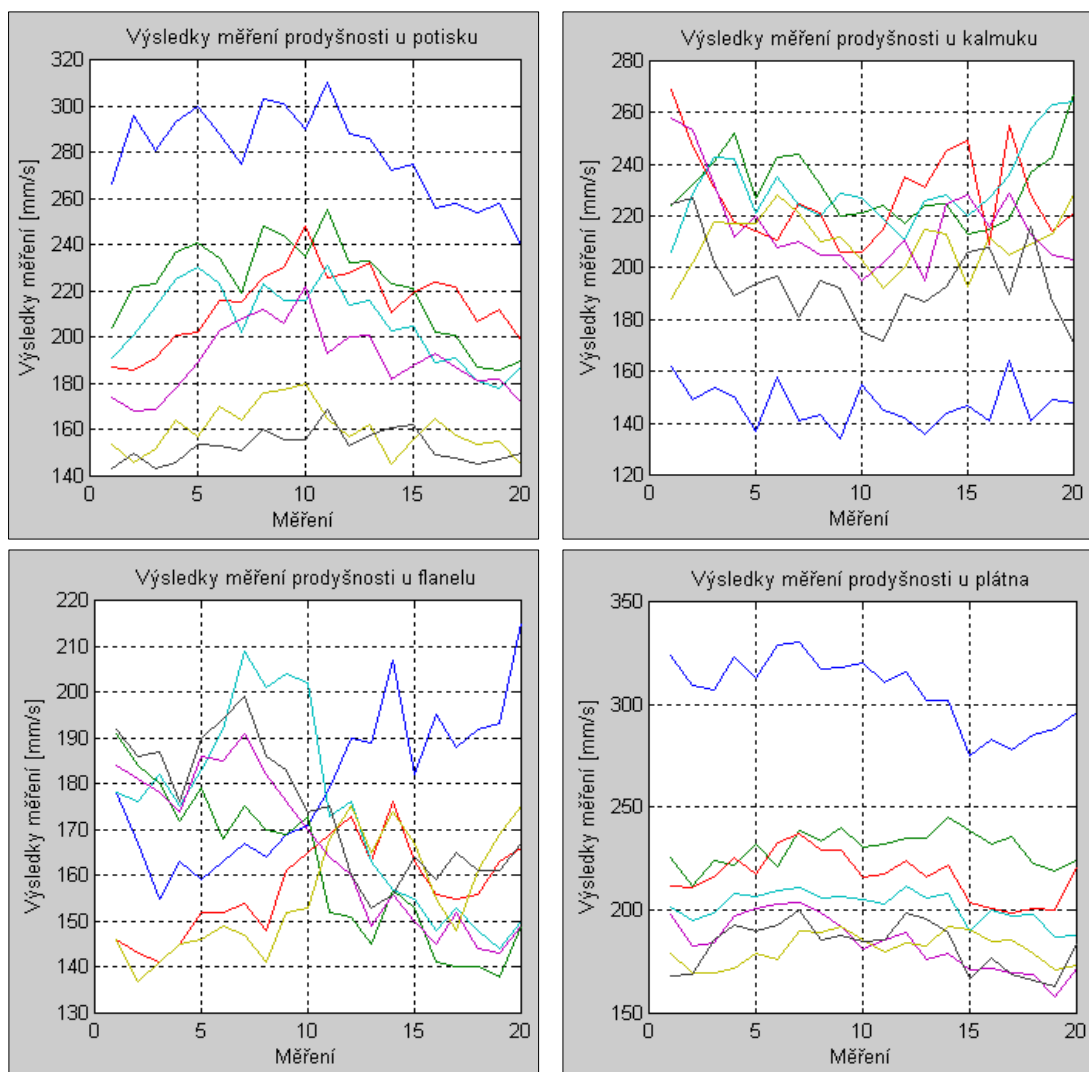
```
plot(X),title('Výsledky měření prodyšnosti u kepru')
```

```
legend('před praním','první praní','druhé praní','páté praní','desáté praní','třicáté praní','padesáté praní',-1),grid on
```

```
xlabel('Měření'),ylabel('Výsledky měření [mm/s]'),axis square
```



Obr. 16, a.: Graficky znázorněné hodnoty měření prodyšnosti, legenda



Obr. 16, b.: Graficky znázorněné měření prodyšnosti

U každého z materiálů se následně určovaly základní statistické vlastnosti, jako jsou např. charakteristiky polohy (aritmetický průměr, modus, medián) a variability (rozptyl, směrodatná odchylka, variační koeficient, rozpětí). Dál se určovaly dolní a horní kvantily, minimum a maximum. Pro snadnější výpočty se použila funkce v Programu Matlab:

```
function [diplomka]=stat(X)
% výpočet statistických charakteristik
c=mean(X);           % aritmetický průměr
d=median(X);         % medián
e=mode(X);           % modus
g=quantile(X,.25);   % dolní kvantil
```

```

h=quantile(X,.75);           % horní kvantil
i=iqr(X);                   % interkvantilové rozpětí
j=range(X);                 % rozpětí
k=var(X);                   % rozptyl
l=std(X);                   % směrodatná odchylka
m=l/c*100;                  % variační koeficient
n=min(X);                   % minimum
o=max(X);                   % maximum

diplomka=struct('aritm_prumer',c,'median',d,'modus',e,'dolni_kvantil',g,'horni_kvantil',h,
'inter_rozpeti',i,'rozpeti',j,'rozptyl',k,'smerodatna_odchylka',l,'variacni_koeficient',m,'min
imum',n,'maximum',o)

```

Statistické charakteristiky jsou vypočítány pro každý materiál a pro zvolený počet pracích cyklů zvlášť a jsou uvedeny v *Příloze 4*. V následujících tabulkách jsou uvedeny jen charakteristiky, které vyžaduje norma [24], nebo ty, se kterými se dál pracuje.

- Aritmetický průměr –  $\bar{x}$  – který určuje střední hodnotu, průměr prodyšnosti každého materiálu, po každém zvoleném počtu pracích cyklů. Je v jednotkách [mm/s].
- Směrodatná odchylka –  $s$  – vypovídá o tom, jak moc se od sebe liší hodnoty v souboru zkoumaných čísel. Je také v jednotkách [mm/s].
- Variační koeficient –  $v$  – k posouzení, zda je variabilita malá nebo velká, se používá porovnání směrodatné odchylky a průměru. Vyjadřuje se v [%].
- 95% interval spolehlivosti – IS –  $100(1 - \alpha)\%$  interval spolehlivosti (konfidenční, toleranční) pro danou náhodnou veličinu (funkci náhodné veličiny, parametr) je interval, v němž se s pravděpodobností  $1 - \alpha$  realizace této náhodné veličiny nachází. V praxi se zpravidla používají intervaly spolehlivosti pro 99, 95 a 90% (tj.  $\alpha = 0,01, 0,05$  nebo  $0,10$ ).



Tab. 10.: Statistické charakteristiky pro jednotlivé materiály

	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
<b>Statistické charakteristiky pro kepr</b>							
<i>x</i>	69,32	54,00	51,46	50,65	43,90	44,75	49,90
<i>s</i>	2,428	1,972	2,119	2,678	2,079	2,089	4,528
<i>v</i>	3,503	3,651	4,117	5,288	4,736	4,669	9,037
95% IS	<68,696 - 70,244>	<53,226 - 54,774>	<50,666 - 52,214>	<49,871 - 51,419>	<43,126 - 44,674>	<43,976 - 45,524>	<49,216 - 50,764>

<b>Statistické charakteristiky pro potisk</b>							
<i>x</i>	279,50	221,85	214,10	206,75	190,40	160,10	152,70
<i>s</i>	19,311	20,635	16,312	16,386	15,157	11,399	6,899
<i>v</i>	6,909	9,302	7,619	7,926	7,960	7,120	4,518
95% IS	<277,085- 281,915>	<219,435- 224,265>	<211,685- 216,515>	<204,335- 209,165>	<187,985- 192,815>	<158,185- 163,015>	<150,285- 155,115>

<b>Statistické charakteristiky pro kalmuk</b>							
<i>x</i>	147,00	231,00	227,50	231,20	216,25	209,80	194,85
<i>s</i>	8,329	20,635	17,695	16,752	17,769	11,044	19,445
<i>v</i>	5,666	8,933	7,778	7,246	8,217	5,264	9,980
95% IS	<144,516- 149,484>	<219,366- 224,334>	<225,016- 229,984>	<229,216- 234,184>	<214,016- 218,984>	<207,316- 212,284>	<193,816- 198,784>

<b>Statistické charakteristiky pro flanel</b>							
<i>x</i>	179,30	161,35	157,35	173,45	165,95	155,70	174,40
<i>s</i>	16,506	16,605	9,975	20,733	16,446	12,431	14,325
<i>v</i>	9,206	10,291	6,339	11,953	9,910	7,984	8,214
95% IS	<176,635- 181,965>	<158,685- 164,015>	<154,685- 160,015>	<170,785- 176,115>	<163,285- 168,615>	<153,035- 158,365>	<171,735- 177,065>

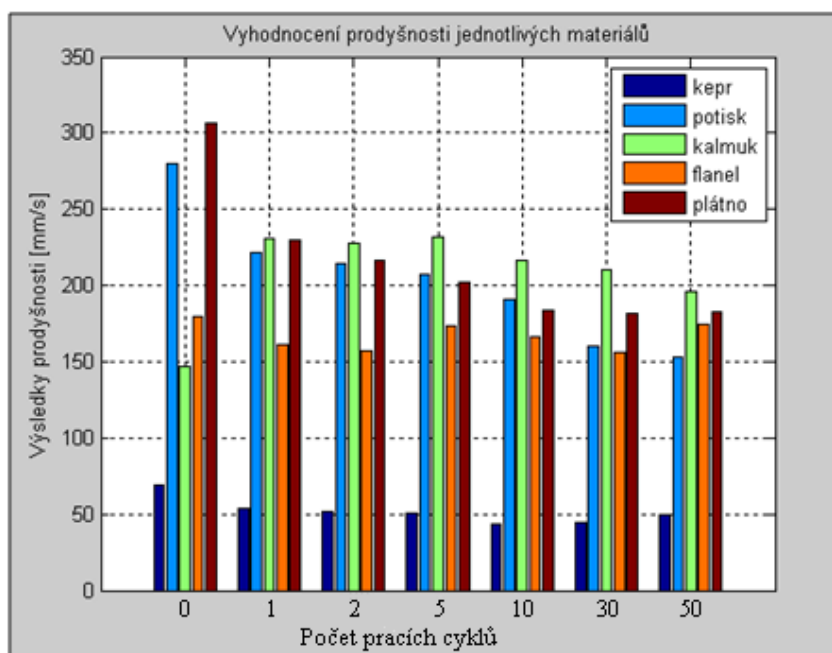
<b>Statistické charakteristiky pro plátno</b>							
<i>x</i>	306,30	230,05	216,65	201,95	184,20	181,35	182,70
<i>s</i>	17,064	8,363	11,408	7,529	13,348	7,569	11,815
<i>v</i>	5,571	3,635	5,265	3,728	7,246	4,174	6,467
95% IS	<304,634- 307,966>	<228,384- 231,716>	<214,984- 218,316>	<200,284- 203,616>	<182,534- 185,866>	<179,684- 183,016>	<181,034- 184,366>

Sloupcový graf pro lepší vyhodnocení prodyšnosti byl vytvořen v Matlabu:

A=bar(prumery),title ('Vyhodnocení prodyšnosti jednotlivých materiálů')

legend ('kepr','potisk','kalmuk','flanel','plátno'), grid on

xlabel('Počet praní'), ylabel('Výsledky prodyšnosti [mm/s]')



Obr. 17.: Grafické vyjádření změn prodyšnosti v programu MatlabR2007b

## 9.1 Změny prodyšnosti u jednotlivých materiálů v závislosti na počtu pracích cyklů

Z výsledků vidíme (Obr. 17), že nejmenší prodyšnosti dosahuje materiál – „kepr“. Hodnota prodyšnosti u „kepru“ je až několikanásobně menší než např. u „plátna“. Je ovšem důležité brát v úvahu strukturu, vazbu, průměr přízí. Všechny tyto parametry jsou rozhodující při hodnocení prodyšnosti. Proto vzájemné porovnání těchto dvou materiálů není podstatné.

Co se týče vlivu údržby u jednotlivých materiálů, je zřetelné, že prodyšnost se mění u každého materiálu jinak.

U „kepru“ není viditelná žádná radikální změna. Po prvním vyprání materiálu prodyšnost klesla a klesala až do desátého cyklu praní. Po třicátém praní se hodnota prodyšnosti začala mírně zvyšovat.

U „potisku“ prodyšnost klesá téměř lineárně, v závislosti na každém pracím cyklu.

U obou výše uvedených materiálů působí na hodnotu prodyšnosti srážení materiálu. Prodyšnost klesá, protože materiály se po vyprání mírně srazily. Tím došlo ke zhuštění jejich dostavy a tím i k poklesu prodyšnosti. Podle grafu, který ukazuje změny hodnot prodyšnosti „potisku“, lze usoudit, že materiál se srážel po celou dobu praní.

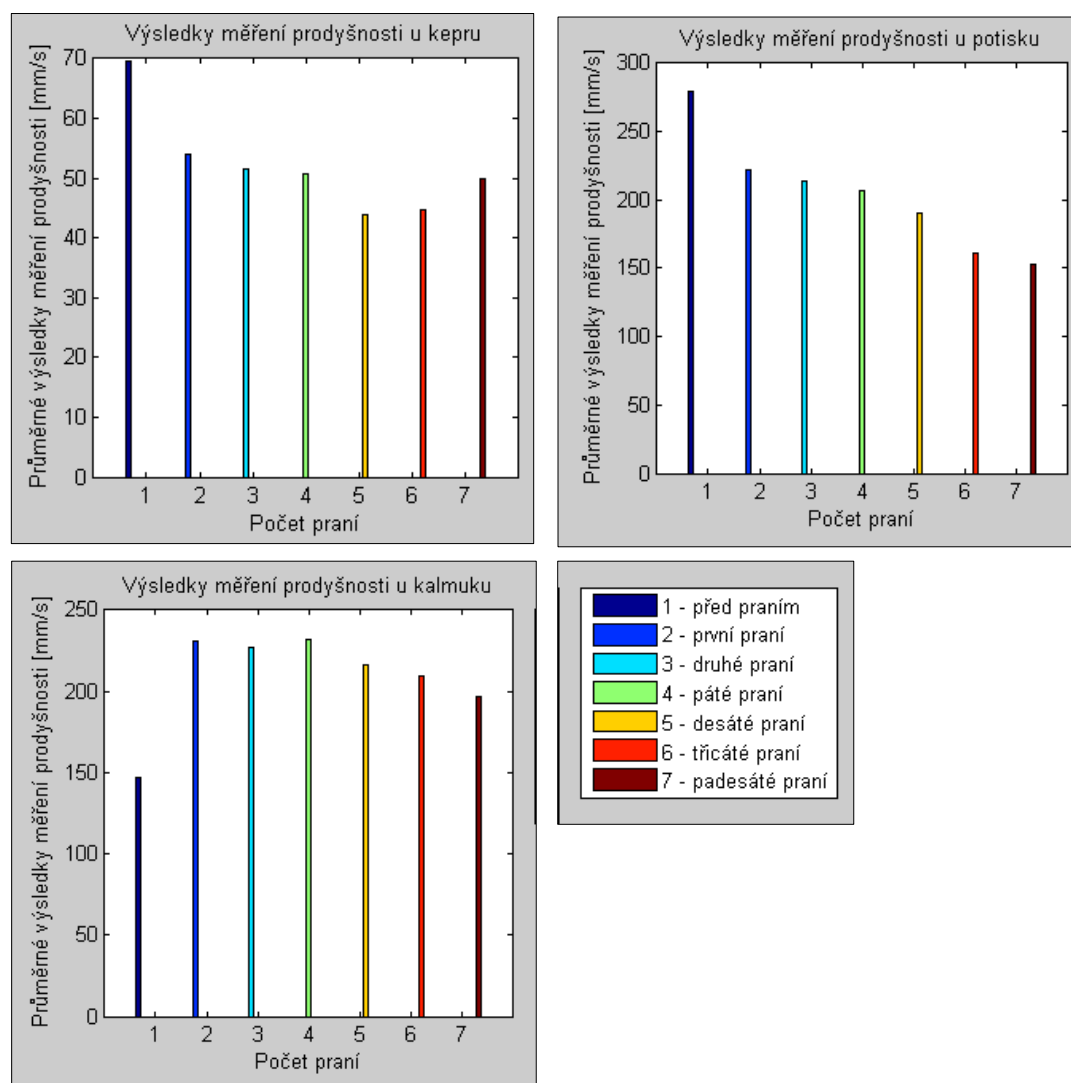


Prodyšnost u „kalmuku“ po prvním vyprání vzrostla o více než 50 mm/s. S dalšími pracími cykly dále prodyšnost kolísala a po pátém pracovním cyklu začala klesat.

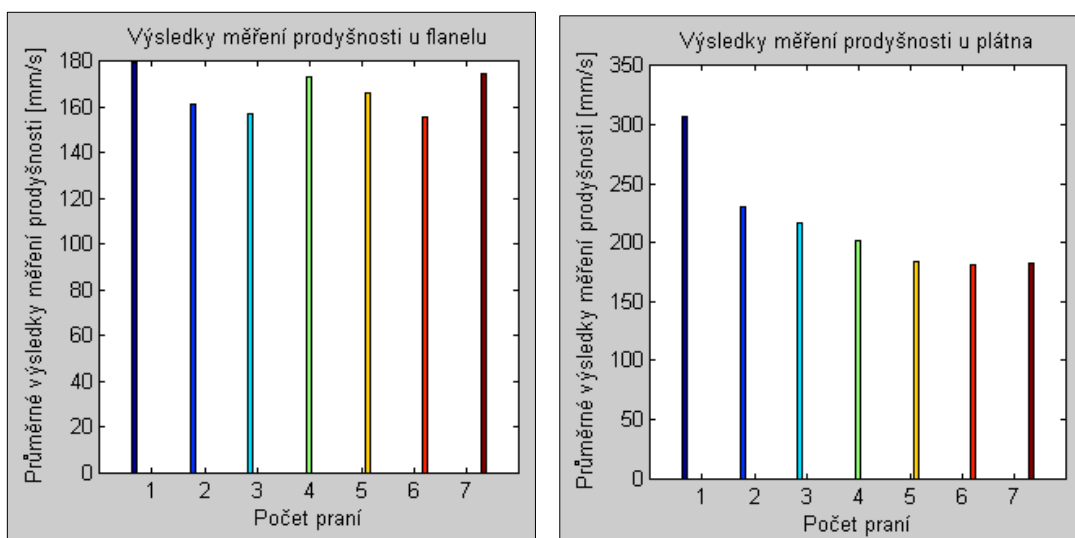
Hodnota prodyšnosti u „flanelu“ se pohybovala stále mezi 150 – 200 mm/s. Nejdříve po prvním vyprání prodyšnost klesala, po pátém praní začala vzrůstat, s dalšími pracovními cykly zase prodyšnost klesala a při padesátém praní začala stoupat.

U těchto dvou materiálů hrála důležitou roli chlupatost. „Kalmuk“ je navíc dvojútková tkanina. Zvýšení jeho prodyšnosti lze přiřadit tomu, že se vyčnívající vlákna shlukla k sobě, čím vytvořila mezeru pro proudění vzduchu.

Změny prodyšnosti u „plátna“ jsou podobné jako u potisku. Také hodnoty prodyšnosti lineárně klesají. Hodnota prodyšnosti u „nevypraného“ materiálu a materiálu, který byl podroben padesáti pracovním cyklům klesla o více než polovinu. I u tohoto materiálu lze srážlivost považovat za příčinu klesání prodyšnosti. Je možné připustit, že na hodnotu prodyšnosti může mít vliv i opotřebení materiálu.



Obr. 18., a: Průměrné výsledky měření prodyšnosti u jednotlivých materiálů



Obr. 18., b: Průměrné výsledky měření prodyšnosti u jednotlivých materiálů

Grafy jsou výstupem z programu Matlab. Byly použity průměrné hodnoty z jednotlivých měření a příkazy:

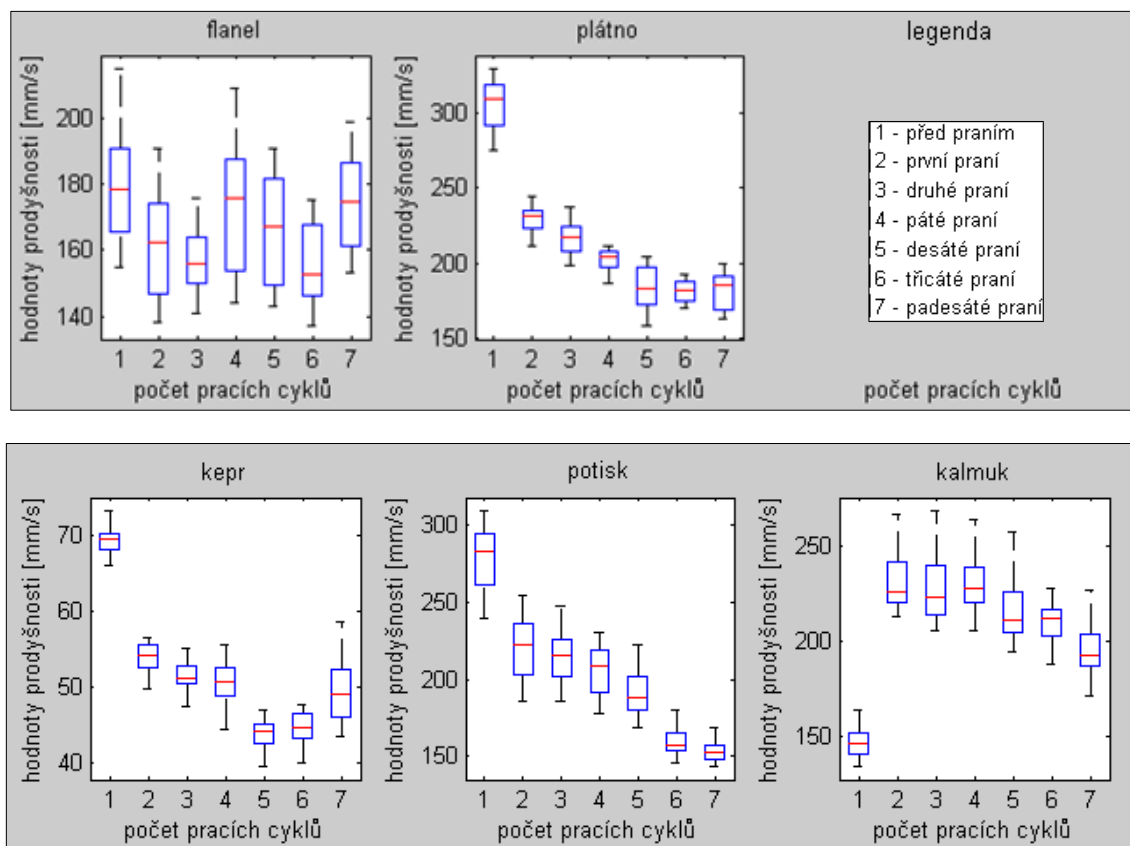
```
bar(Y),title('Výsledky měření prodyšnosti u kepru')
legend('1 - před praním','2 - první praní','3 - druhé praní','4 - páté praní','5 - desáté praní','6 - třicáté praní','7 - padesáté praní',-1)
grid off
xlabel('Počet praní'),
ylabel('Průměrné výsledky měření prodyšnosti [mm/s]'),axis square
```

Aby se data dala statisticky vyhodnocovat, musí splňovat tři předpoklady, které je třeba vlastní analýzou vždy ověřit. Je to nezávislost jednotlivých prvků – hodnoty prodyšnosti; homogenitu a případnou normalitu rozdělení prvků [31].

Homogenita se zjišťovala pomocí krabicových grafů v Matlabu pomocí skriptu:

```
subplot(2,3,1),boxplot(kepr),title('kepr');
xlabel('počet pracích cyklů'),ylabel('hodnoty prodyšnosti [mm/s]')
subplot(2,3,2),boxplot(potisk),title('potisk');
xlabel('počet pracích cyklů'),ylabel('hodnoty prodyšnosti [mm/s]')
subplot(2,3,3),boxplot(kalmuk),title('kalmuk');
xlabel('počet pracích cyklů'),ylabel('hodnoty prodyšnosti [mm/s]')
subplot(2,3,4),boxplot(flanel),title('flanel');
xlabel('počet pracích cyklů'),ylabel('hodnoty prodyšnosti [mm/s]')
```

```
subplot(2,3,5),boxplot(platno),title('plátno');
xlabel('počet pracích cyklů'),ylabel('hodnoty prodyšnosti [mm/s]')
```



Obr. 19.: Krabicové grafy pro jednotlivé materiály

### Korelace mezi počtem pracích cyklů a prodyšností

K ověřování závislosti mezi prodyšností a pracími cykly byla použita regresní analýza. Průměrné hodnoty prodyšnosti byly proloženy regresní přímkou – spojnicí trendu, která se používá ke grafickému zobrazení orientace v datech. Následně byl vypočítán korelační koeficient, který určil sílu závislosti. Korelační koeficient nabývá hodnot  $<-1; 1>$ . Čím blíže je hodnotě 1, popř. -1, tím silnější je závislost. Závislost znamená, že hodnoty jednoho souboru odpovídají přímo úměrně (kladná korelace), nebo neúměrně (záporná korelace) hodnotám ve druhém souboru.

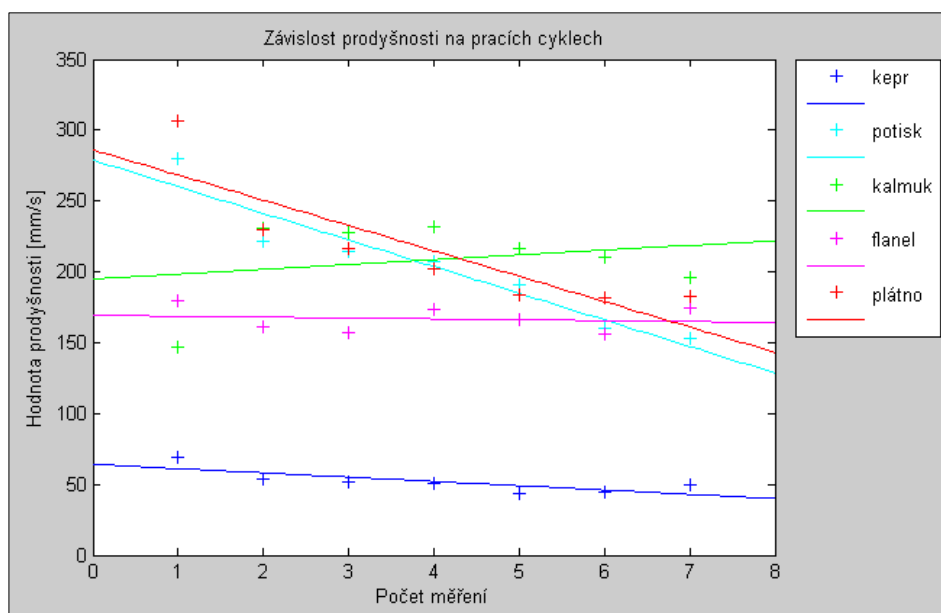
Pro vykreslení regresní přímky a výpočet korelačního koeficientu se použil skript:

```
a=polyfit(y,x1,1),plot(y,x1,'b+')
xx1=0:0.1:8
yy1=polyval(a,xx1), hold on
plot(xx1,yy1,'b')
A=corrcoef(x1,y)
b=polyfit(y,x2,1),plot(y,x2,'c+')
```

```

xx2=0:0.1:8
yy2=polyval(b,xx2), hold on
plot(xx2,yy2,'c')
B=corrcoef(x2,y)
c=polyfit(y,x3,1),plot(y,x3,'g+')
xx3=0:0.1:8
yy3=polyval(c,xx3), hold on
plot(xx3,yy3,'g')
C=corrcoef(x3,y)
d=polyfit(y,x4,1),plot(y,x4,'m+')
title('Závislost prodyšnosti na pracích cyklech')
legend('kepr','','potisk','','kalmuk','','flanel','','plátno','','-1)
xlabel('Počet měření'),ylabel('Hodnota prodyšnosti [mm/s]')
xx4=0:0.1:8
yy4=polyval(d,xx4), hold on
plot(xx4,yy4,'m')
D=corrcoef(x4,y)
e=polyfit(y,x5,1),plot(y,x5,'r+')
xx5=0:0.1:8
yy5=polyval(e,xx5), hold on
plot(xx5,yy5,'r')
E=corrcoef(x5,y)

```



Obr. 20.: Závislost prodyšnosti a počtem pracích cyklů

Tab. 11.: Korelační koeficienty

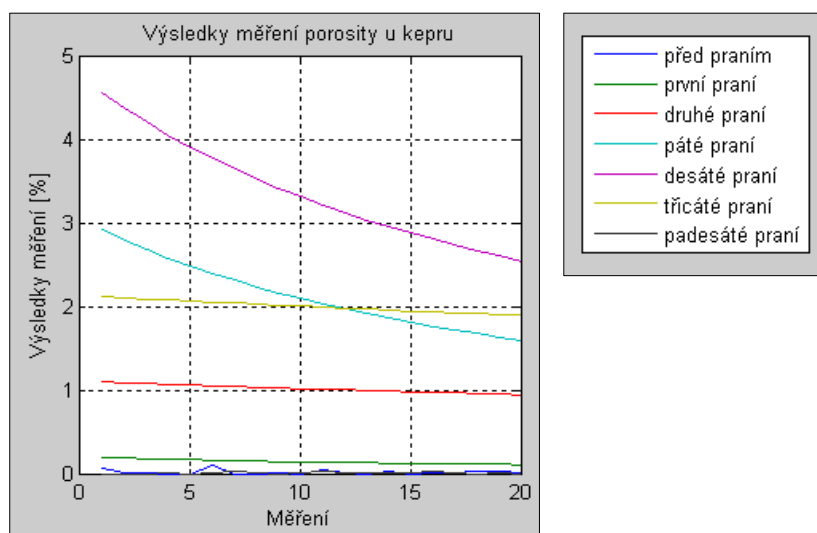
Hodnoty korelačních koeficientů				
Prodyšnost / prací cykly				
kepr	potisk	kalmuk	flanel	plátno
-0,7667	-0,9564	0,243	-0,1469	-0,8688

Výše uvedený graf (Obr. 20) a hodnoty korelačních koeficientů vypovídají, že materiály („potisk“ a „plátno“) vykazují velmi silnou zápornou (negativní) závislost. To znamená, že počet pracích cyklů se zvyšoval, ale prodyšnost se snižovala. Toto tvrzení platí i pro materiál „flanel“, ovšem jeho závislost na počtu pracích cyklů je velmi malá. Stejně jako u „kalmuku“, ovšem u něj je průběh prodyšnosti opačný. S přibývajícím počtem pracích cyklů prodyšnost rostla. U těchto dvou materiálů („kalmuk“ a „flanel“) lze říci, že prodyšnost téměř neovlivnilo praní materiálů.

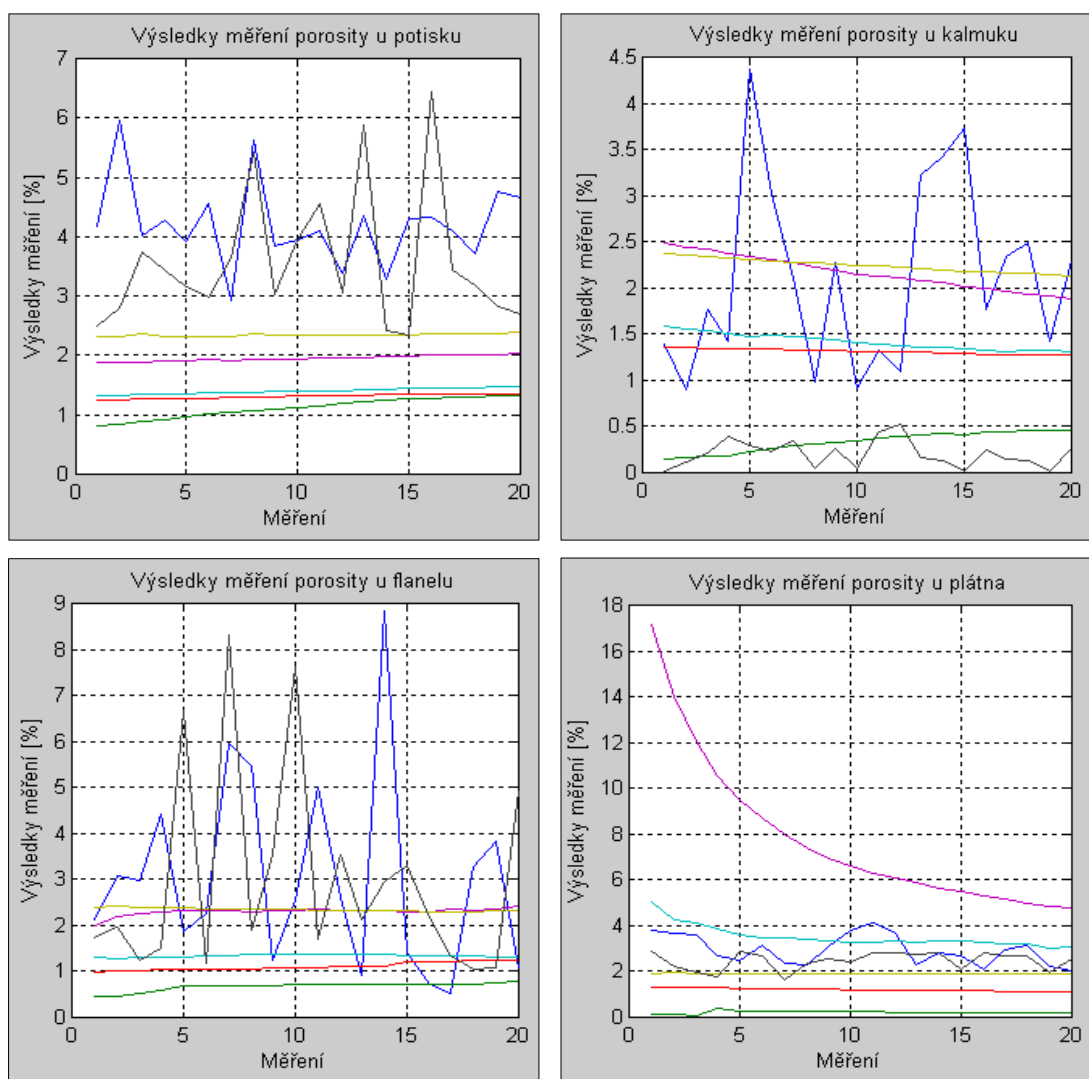
Je možné tvrdit, že vliv na průběžích prodyšnosti má, kromě srážení materiálů, i to, že materiály „kalmuk“ a „flanel“ jsou počesané na povrchu, vlákna na povrchu brání průchodu vzduchu. Opačně lze říci, že u hladkých tkanin, bez počesání, dochází k tomu, že příze se v důsledku praní povolují, uvolňují se samostatná vlákna od jádra příze a prodyšnost se snižuje.

## 10. VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POROSITY

Při vyhodnocování výsledků porosity se pracovalo stejným způsobem jako u hodnocení výsledků prodyšnosti. Výsledky se zpracovávaly v programu Matlab R2007b, za použití stejných skriptů jen s minimálními odchylkami. Průběh porosity u jednotlivých materiálů znázorňují grafy na Obr. 21, a, b.

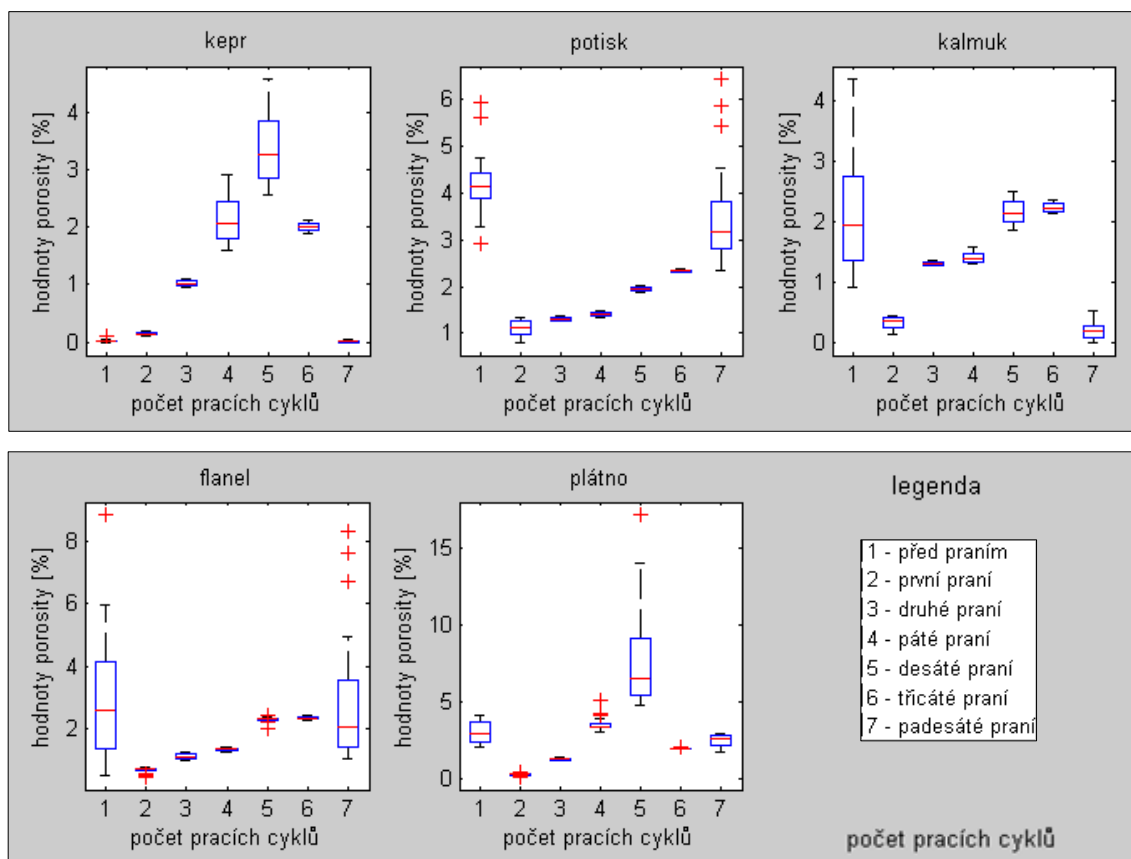


Obr.: 21, a.: Graficky znázorněné hodnoty měření porosity u jednotlivých materiálů



Obr.: 21, b.: Graficky znázorněné hodnoty měření porosity u jednotlivých materiálů

Stejně tak jako u měření prodyšnosti se hodnoty zjišťovaly u materiálů vždy po vyprání jednotlivého počtu pracích cyklů, podmínky při měření se tedy mohly minimálně změnit. Při měření prodyšnosti je větší jistota správného měření, při hodnocení porosity se mohlo stát, že materiál byl při měření mírně zvlhčený.



Obr. 22.: Krabicové grafy pro jednotlivé materiály

Z grafického zobrazení lze vidět, že některé z hodnot se vymykají ze souboru, např. desáté praní u plátna. Proto byly zhotoveny krabicové grafy, aby se zkontrolovala homogenita souborů. Ty hodnoty, které vyčnívaly, byly ze souboru odstraněny. Následné statistické hodnocení probíhalo na souborech, bez vyčnívajících hodnot.

Po odstranění vybočujících hodnot se výsledky opět statisticky vyhodnotily. V *Tabulce 12* jsou uvedeny aritmetické průměry, směrodatné odchylky, počet naměřených hodnot bez vyčnívajících, variační koeficienty a 95% intervaly spolehlivosti pro daná měření. Ostatní statistické vlastností jsou uvedeny v *Příloze 5*, kde se při výpočtech pracovalo se všemi hodnotami ze souboru.

Tab. 12.: Statistické charakteristiky pro jednotlivé materiály

	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
<b>Statistické charakteristiky pro kepr</b>							
<i>x</i>	0,0166	0,1521	1,0252	2,1397	3,3743	2,0073	0,0152
<i>s</i>	0,0113	0,0253	0,0476	0,4030	0,6177	0,0685	0,0105
<i>n</i>	17	20	20	20	20	20	20
<i>v</i>	68,072	16,634	4,643	18,841	18,306	3,413	69,079
95% IS	<-0,0178 - - 0,0510>	<0,1287 - 0,1755>	<0,9812 - 1,0692>	<1,7663 - 2,5117>	<2,8030 - 3,9456>	<1,9439 - 2,0707>	<0,0055 - 0,0249>

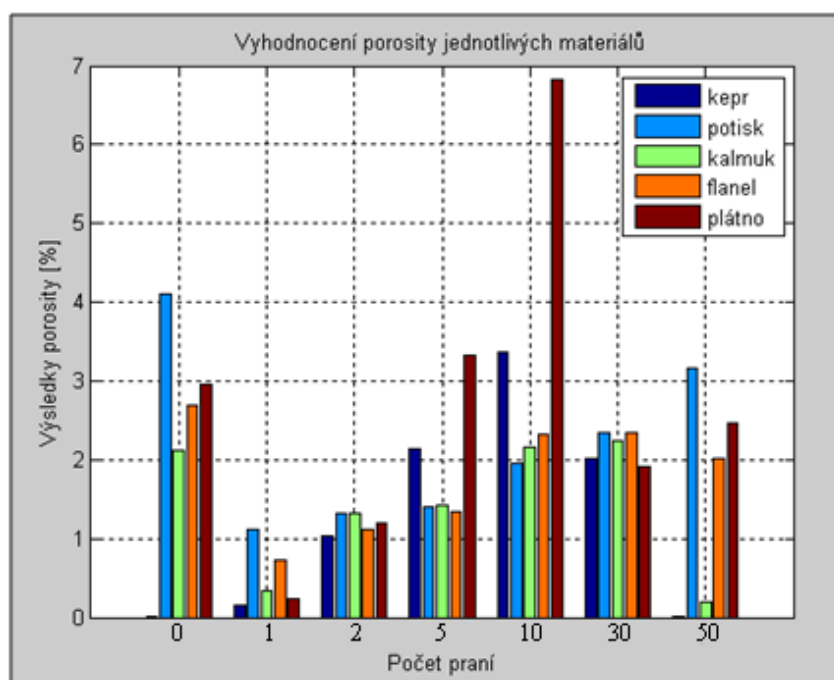
<b>Statistické charakteristiky pro potisk</b>							
<i>x</i>	4,1023	1,1168	1,3124	1,4022	1,9511	2,3454	3,1597
<i>s</i>	0,4017	0,1676	0,0353	0,0483	0,0463	0,0225	0,5832
<i>n</i>	17	20	20	20	20	20	17
<i>v</i>	9,792	15,007	2,690	3,444	2,373	0,960	18,457
95% IS	<3,7308 - 4,4738>	<0,9618 - 1,2718>	<1,2798 - 1,3450>	<1,3575 - 1,4469>	<1,9083 - 1,9939>	<2,3246 - 2,3662>	<2,6203 - 3,6991>

<b>Statistické charakteristiky pro kalmuk</b>							
<i>x</i>	2,1136	0,3336	1,3126	1,4161	2,1625	2,2424	0,2006
<i>s</i>	1,0068	0,1072	0,0284	0,0881	0,1890	0,0724	0,1476
<i>n</i>	20	20	20	20	20	20	20
<i>v</i>	47,634	32,134	2,163	6,221	8,740	3,229	73,580
95% IS	<1,7006 - 2,5266>	<-0,0794 - - 0,7466>	<0,8996 - 1,7256>	<1,0031 - 1,8291>	<1,7495 - 2,5755>	<1,8294 - 2,6554>	<-0,2124 - - 0,6136>

<b>Statistické charakteristiky pro flanel</b>							
<i>x</i>	2,6995	0,7166	1,1114	1,3386	2,3174	2,3443	2,1887
<i>s</i>	1,6335	0,0279	0,0877	0,0303	0,0236	0,0369	1,0946
<i>n</i>	19	16	20	20	17	20	17
<i>v</i>	60,511	3,893	7,891	2,264	1,018	1,574	50,011
95% IS	<1,1888 - 4,2102>	<0,6908 - 0,7424>	<1,0303 - 1,1925>	<1,3106 - 1,3666>	<2,2956 - 2,3392>	<2,3102 - 2,3784>	<1,2212 - 2,8114>

<b>Statistické charakteristiky pro plátno</b>							
<i>x</i>	2,9485	0,2319	1,2069	3,3253	6,5917	1,9081	2,4621
<i>s</i>	0,6513	0,0184	0,0636	0,0834	1,7055	0,0075	0,3858
<i>n</i>	20	16	20	13	17	19	20
<i>v</i>	22,089	7,934	5,270	2,508	25,873	0,393	15,670
95% IS	<2,3461 - 3,5509>	<0,2166 - 0,2500>	<1,1481 - 1,2657>	< 3,2063 - 3,4443>	<5,2769 - 8,3797>	<1,9039 - 1,9167>	<2,1053 - 2,8189>





Obr. 23.: Grafické vyjádření změn porosity v programu MatlabR2007b

### 10.1 Změny porosity u jednotlivých materiálů v závislosti na počtu pracích cyklů

Porosita u „kepru“ byla téměř nulová, než se materiál vypral. Pak začala stoupat a její hodnota se znatelně zvyšovala. Vysvětlením by mohl být fakt, že příze ve tkanině se při praní začaly sdružovat k sobě a vytvářely větší póry. Až po desátém pracím cyklu se hodnota porosity začala stejnou měrou zmenšovat. Po padesátém praní byla opět téměř minimální. Pokles naopak mohlo způsobit opotřebení materiálu, příze se začaly uvolňovat a vyčnívala z nich vlákna, které naopak póry ve tkanině zakryla.

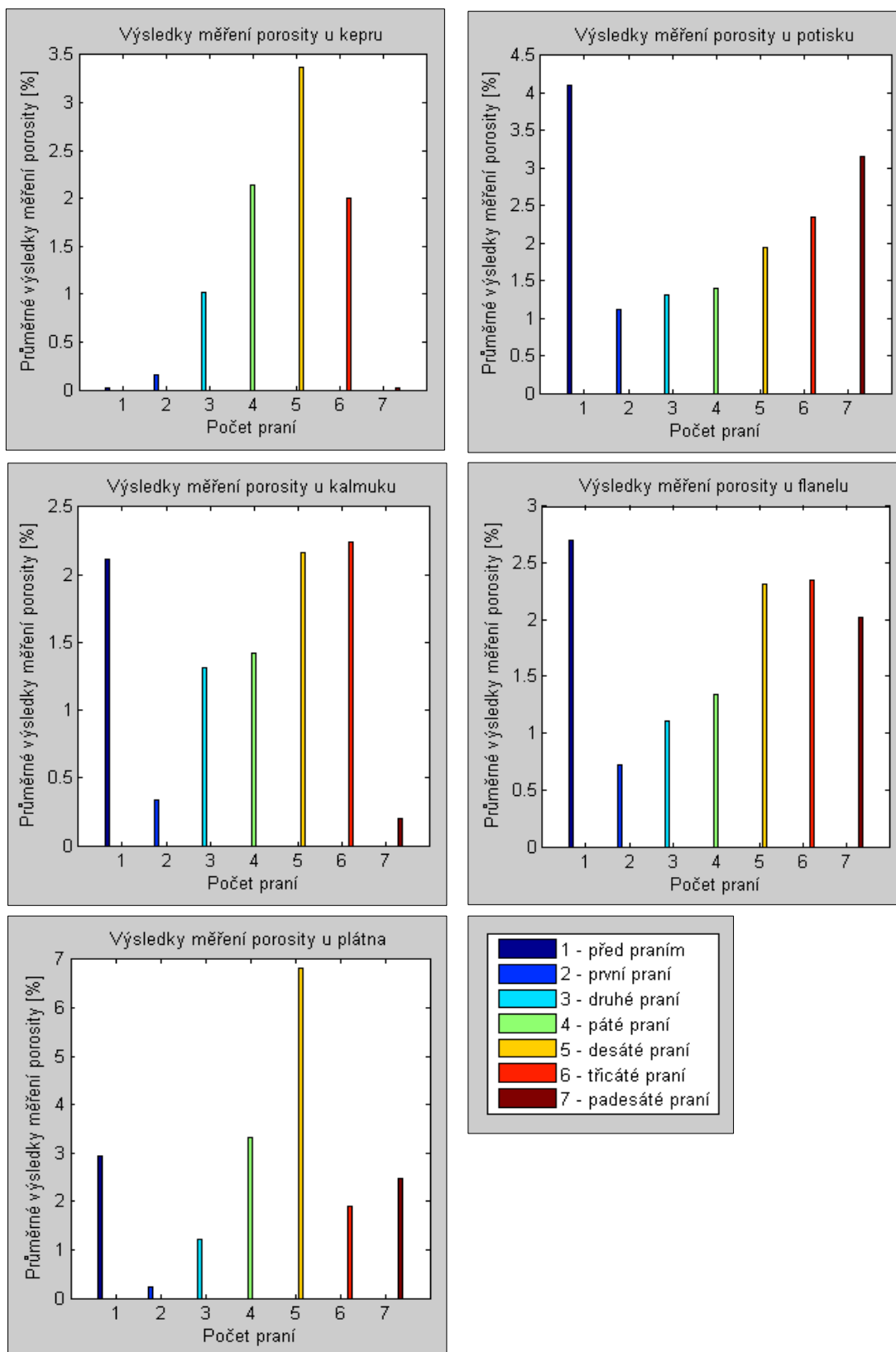
U „potisku“ porosita dosahovala před vypráním téměř 4%, po prvním vyprání její hodnota klesla o více než polovinu. Což mohlo způsobit sražení materiálu. Po dalších pracích cyklech se hodnota zvyšovala téměř lineárně.

Po prvním vyprání klesla porosita dost i u „kalmuku“. Následně rostla v závislosti na pracích cyklech, ovšem po padesátém pracím cyklu se porosita rapidně zmenšila.

Stejný průběh při měření porosity vykazoval i „flanel“, jen po padesátém vyprání hodnota porosity neklesla tak moc.

Výchozí hodnota porosity u „plátna“ byla na 3%. Po prvním vyprání hodnota opět klesla. Po dalších praních cyklech hodnota porosity stoupala, až do takové míry, že

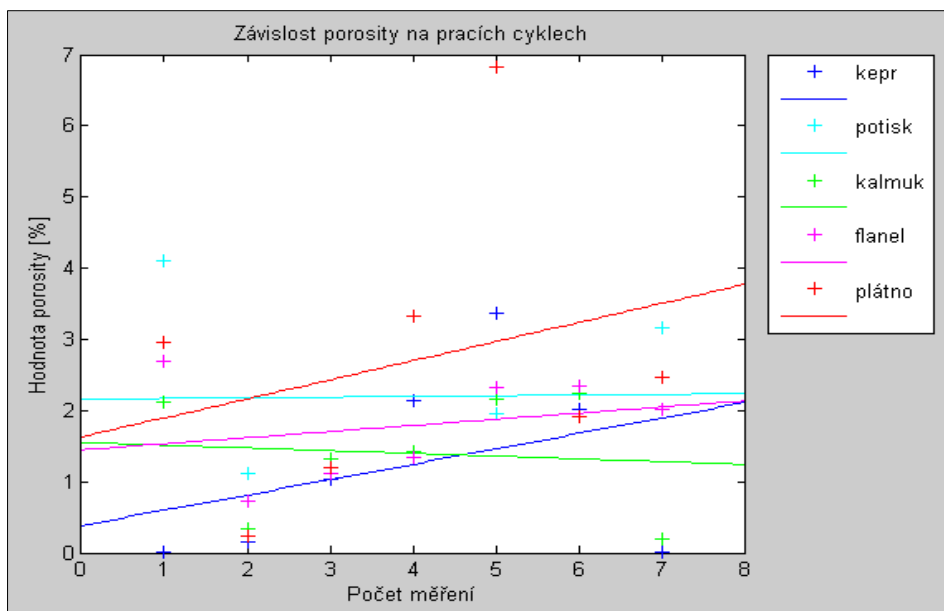
po desátém prání dosahovala 7%. Po dalších praních cyklech opět klesla o více než polovinu. Změny v hodnotách mohlo způsobovat obecně srážení tkanin, nebo vyčnívající vlákna, která vyvolalo praní a mechanické namáhání tkanin.



Obr. 24.: Průměrné výsledky měření porosity u jednotlivých materiálů

## Korelace mezi počtem pracích cyklů a hodnotami porosity

Pro statistické vyjádření závislosti porosity na počtu pracích cyklů se použila opět regrese. A pro vyjádření síly závislosti se počítaly hodnoty korelačních koeficientů.



Obr. 25.: Závislost porosity a počtem pracích cyklů

Tab. 13.: Korelační koeficienty

Hodnoty korelačních koeficientů				
Porosita / prací cykly				
kepr	potisk	kalmuk	flanel	plátno
0,3587	0,0189	-0,0967	0,2517	0,2760

Z výsledků korelace lze vidět, že závislost mezi porositou a pracími cykly je u všech materiálů velmi malá. Téměř všechny materiály mají kladný koeficient korelace, což znamená, že porosita s počtem pracích cyklů stoupá. Jen u „kalmuku“ je průběh jiný. Porosita v závislosti na pracích cyklech klesá.

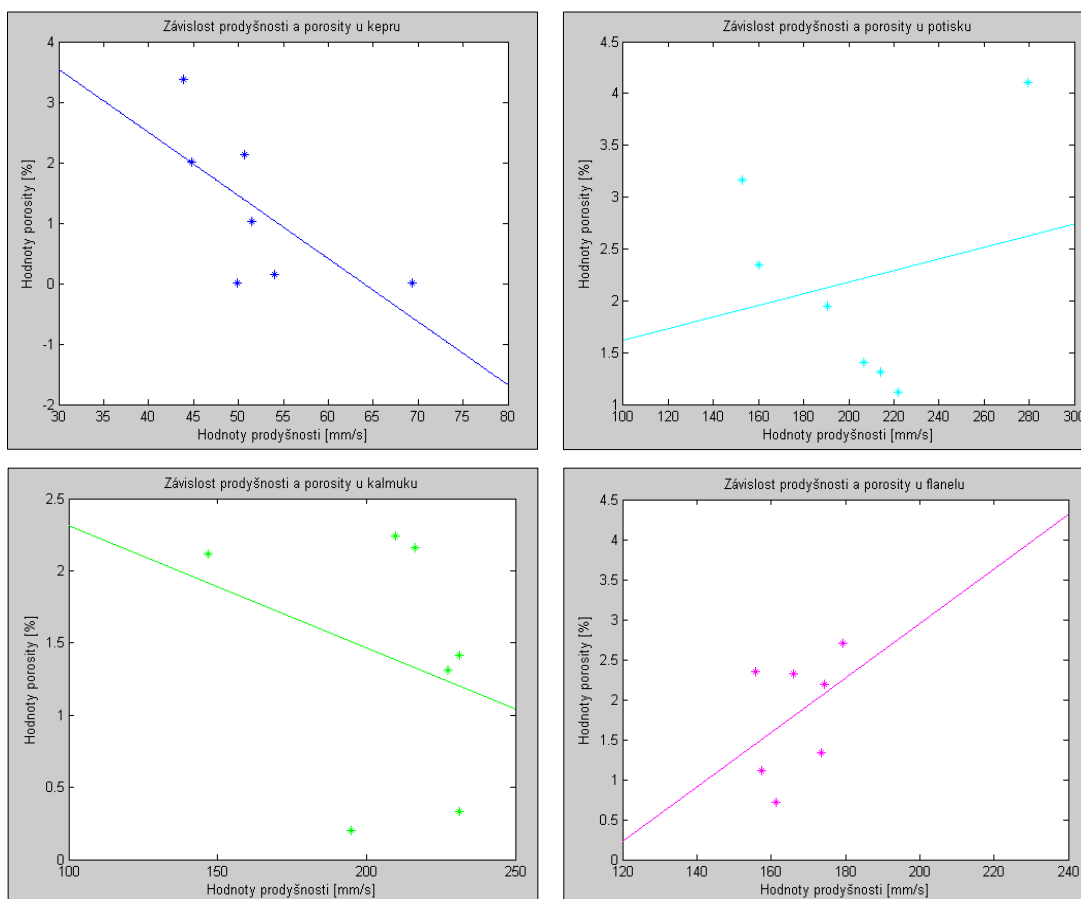
## 11. ZÁVISLOST PRODYŠNOSTI NA HODNOTÁCH POROSITY

Hlavním cílem diplomové práce bylo ověřit závislost mezi prodyšností a porositou. Teoreticky lze říci, že závislost mezi těmito vlastnostmi je velmi silná. Prodyšnost by se měla lineárně zvyšovat se zvětšováním pórů uvnitř tkanin. V jiných pracech, kde se pracovalo s reznými materiály, tyto teorie souhlasí. Jinak to bylo

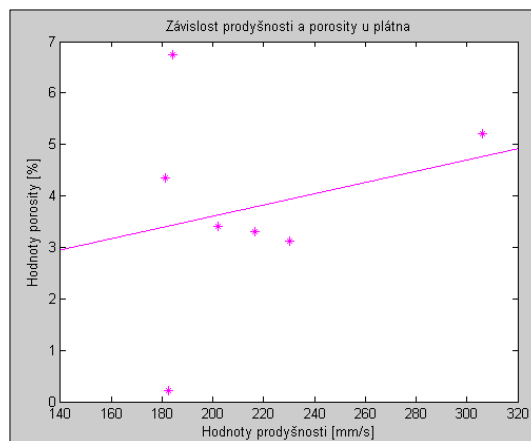
v případě tohoto experimentu. Tady se hodnotila a porovnávala prodyšnost a porosita u běžných materiálů, které už byly podrobeny konečným úpravám – barvení, potiskování,... Výsledky nejsou tak jednoznačné.

Pro grafické znázornění se použil program Matlab R2007b:

```
a=polyfit(pr,po,1),plot(pr,po,'r*')
xx1=140:0.1:320
yy1=polyval(a,xx1), hold on
plot(xx1,yy1,'r')
A=corrcoef(po,pr)
title('Závislost prodyšnosti a porosity u plátna')
xlabel('Hodnoty prodyšnosti [mm/s]'), ylabel('Hodnoty porosity [%'])
```



Obr. 26., a: Grafické znázornění závislosti prodyšnosti a porosity u jednotlivých materiálů



Obr. 26., b: Grafické znázornění závislosti prodyšnosti a porosity u jednotlivých materiálů

Tab. 14.: Korelační koeficienty

Hodnoty korelačních koeficientů				
Prodyšnost / porosita				
kepr	potisk	kalmuk	flanel	plátno
-0,6765	0,3291	-0,2934	0,3044	0,2917

Podle výsledků korelačních koeficientů lze říci, že u materiálů „kepr“ a „kalmuk“ vyšly nesmyslné závěry. U „kepru“ je navíc tato závislost poměrně silná. Prodyšnost se nemůže zmenšovat za předpokladu, že roste velikost pórů. Z předešlých výsledků je možné tvrdit také to, že průměrné hodnoty porosity u obou materiálů dost kolísaly.

Kvůli těmto zavádějícím výsledkům bylo provedeno doměření některých vlastností materiálů a porosita byla dopočítána predikčním způsobem.

## 11.1 Měření průměrů přízí a dostav materiálů

Dostavy u jednotlivých materiálů byly znovu experimentálně naměřeny (pomocí lupy a pinzety) po padesátém praní. Hodnoty jsou uvedeny v *Tabulce 15*. Počet nití na 1 cm vzrostl u všech zkoumaných materiálů, proto lze potvrdit tvrzení, že se materiály srážely a tím klesala prodyšnost.

Tab. 15.: Experimentálně naměřené dostavy po 50. prání

	Naměřené hodnoty po 50. prání [počet nití/cm]		Aritmetický průměr		Směrodatná odchylka		Modus	
	osnova	útek	o	ú	o	ú	o	ú
<b>kepr</b>	42, 42, 42, 40, 41	27, 27, 28, 27, 28	41,4	27,4	0,894	0,548	42	27
<b>potisk</b>	27, 28, 27, 27, 26	23, 25, 25, 25, 25	27,0	24,6	0,707	0,894	27	25
<b>kalmuk</b>	20, 20, 21, 21, 20	23, 22, 22, 22, 21	20,4	22,0	0,548	0,707	20	22
<b>flanel</b>	16, 18, 19, 18, 18	17, 17, 18, 17, 17	17,8	17,2	1,095	0,447	18	17
<b>plátno</b>	29, 28, 29, 28, 29	25, 25, 26, 25, 25	28,6	25,2	0,548	0,447	29	25

Kromě výše uvedené metody byla využita pro počítání dostav i obrazová analýza – konkrétně program Lucia<sup>TM</sup>G. Měření probíhalo na nasnímaných obrazech jednotlivých materiálů. Používalo se funkce „měření délek“. Měřilo se desetkrát na různých místech. Průměrné výsledky dostav jsou uvedeny v tabulkách níže a průběžné hodnoty měření obsahuje Příloha 7.

Důvod, proč se dostavy a průměry nití dopočítávaly, byl ten, aby se mohl orientačně ověřit některý z modelů pro predikci porosity. A následně, aby bylo možné, porovnat experimentálně zjištěné výsledky porosity s výsledky predikovanými.

Tab. 16.: Hodnoty dostav před praním naměřené v Lucii<sup>TM</sup>G

Dostavy materiálů před praním						
	Průměrné hodnoty [počet nití/cm]		Směrodatná odchylka		Zaokrouhlené výsledky	
	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	40,9500	29,0110	0,072	0,326	41	29
<b>potisk</b>	28,9855	25,7865	0,050	0,065	29	26
<b>kalmuk</b>	14,6592	17,9426	0,067	0,098	15	18
<b>flanel</b>	22,4417	20,0642	0,010	0,059	22	20
<b>plátno</b>	28,7274	26,7023	0,019	0,040	29	27

Tab. 17.: Hodnoty dostav po prvním prání naměřené v Lucii<sup>TM</sup>G

Dostavy materiálů po prvním prání						
	Průměrné hodnoty [počet nití/cm]		Směrodatná odchylka		Zaokrouhlené výsledky	
	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	39,9680	29,6650	0,078	0,079	40	30
<b>potisk</b>	29,7270	27,2703	0,022	0,025	30	27
<b>kalmuk</b>	14,4998	17,5336	0,073	0,039	14	18
<b>flanel</b>	23,5960	21,7770	0,034	0,034	24	22
<b>plátno</b>	29,7970	27,6930	0,035	0,048	30	28

Tab. 18.: Hodnoty dostav po padesátém praní naměřené v Lucii<sup>TM</sup>G

Dostavy materiálů po padesátém praní						
	Průměrné hodnoty [počet nití/cm]		Směrodatná odchylka		Zaokrouhlené výsledky	
	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	40,193	31,056	0,122	0,045	40	31
<b>potisk</b>	30,460	27,964	0,033	0,039	30	28
<b>kalmuk</b>	16,358	19,557	0,085	0,074	16	20
<b>flanel</b>	23,408	21,478	0,051	0,063	23	21
<b>plátno</b>	29,913	28,190	0,059	0,060	30	28

Pro ověření výsledků porosity byl vybrán model pro predikci porosity z plošného zakrytí. Ten pro výpočet porosity potřebuje znát kromě dostav ještě i průměry přízí. Ke změření průměrů byla využita opět obrazová analýza – program Lucia<sup>TM</sup>G. Průměrné výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách. Výsledky všech měření obsahuje *Příloha 8*.

Tab. 19.: Průměry nití u jednotlivých materiálů před praním

Průměry nití před praním				
	Průměrné hodnoty [mm]		Směrodatná odchylka	
	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	0,232	0,322	0,022	0,032
<b>potisk</b>	0,238	0,278	0,028	0,042
<b>kalmuk</b>	0,273	0,629	0,025	0,051
<b>flanel</b>	0,208	0,525	0,021	0,036
<b>plátno</b>	0,221	0,246	0,029	0,021

Tab. 20.: Průměry nití u jednotlivých materiálů po prvním praní

Průměry nití po prvním praní				
	Průměrné hodnoty [mm]		Směrodatná odchylka	
	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	0,207	0,335	0,016	0,037
<b>potisk</b>	0,238	0,282	0,032	0,021
<b>kalmuk</b>	0,339	0,696	0,053	0,069
<b>flanel</b>	0,197	0,447	0,024	0,049
<b>plátno</b>	0,242	0,271	0,044	0,033

Tab. 21.: Průměry nití u jednotlivých materiálů po padesátém praní

Průměry nití po prvním praní				
	Průměrné hodnoty [mm]		Směrodatná odchylka	
	osnova	útek	osnova	útek
<b>kepr</b>	0,225	0,32	0,022	0,034
<b>potisk</b>	0,228	0,306	0,028	0,018
<b>kalmuk</b>	0,29	0,619	0,029	0,056
<b>flanel</b>	0,195	0,479	0,015	0,02
<b>plátno</b>	0,243	0,27	0,036	0,035

## 11.2 Korelace mezi predikovanou a experimentální porositou

Jak už bylo uvedeno výše, pro výpočet porosity byl vybrán model, který vyjadřuje porositu z plošného zakrytí tkaniny. Porositu určuje vztah:

$$P_s = 1 - (D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u * D_o D_u). \quad (\text{viz. } 10)$$

Při průběžném měření se mohlo sledovat, že největší výkyvy v rozdílech byly před praním a následně po padesátém pracovním cyklu. Proto se dopočítávaly hodnoty porosity před praním materiálů, po prvním cyklu a po padesátém.

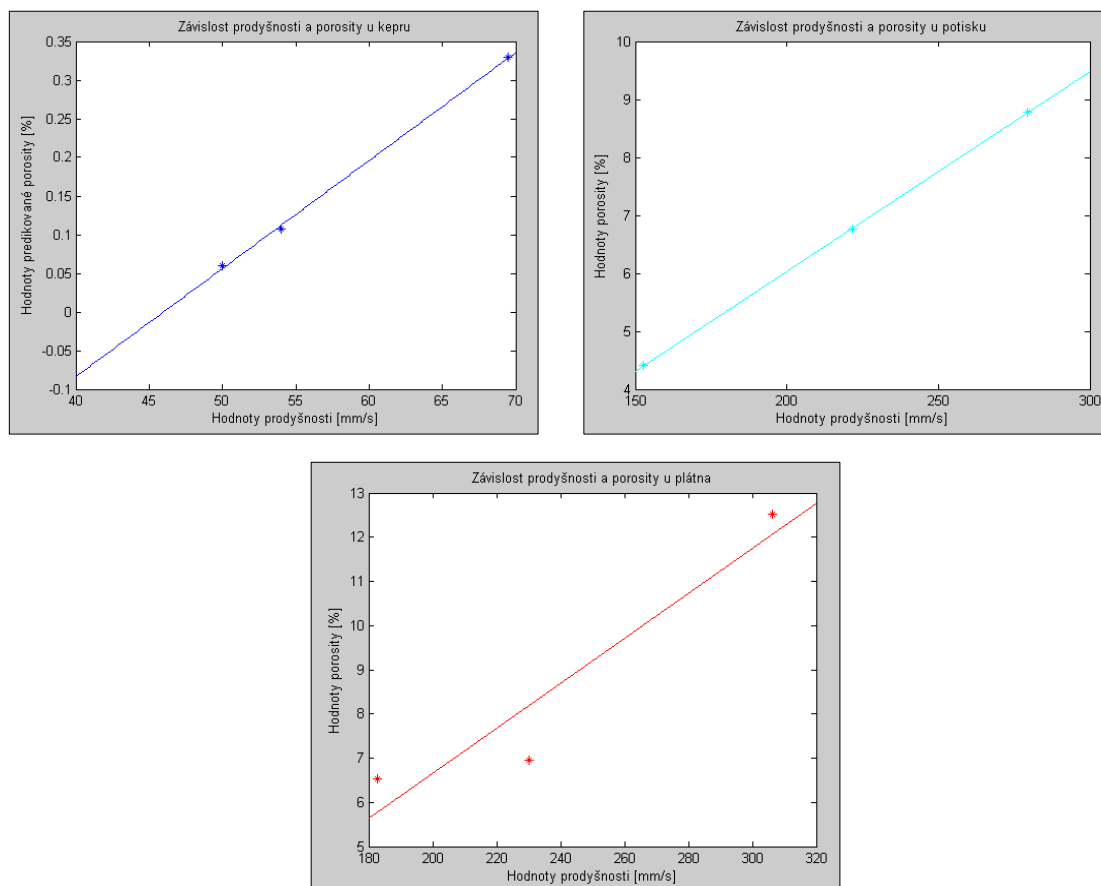
Tab. 22.: Hodnoty porosity vypočítané dle vzorce (10)

Nově zjištěné hodnoty porosity			
	před praním	první praní	padesáté praní
<b>kepr</b>	0,328966	0,107439	0,059384
<b>potisk</b>	8,781303	6,756033	4,408587
<b>kalmuk</b>	-7,712850	-11,20326	-11,06837
<b>flanel</b>	-2,845783	1,421815	-1,565200
<b>plátno</b>	12,52828	6,959419	6,523877

Při použití této metody vyšly opět u materiálu „kalmuk“ a „flanel“ závadějící výsledky. Proto lze soudit, že ani tato metoda určování porosity není vhodná pro predikci porosity u materiálů s vlasem. Materiál „kalmuk“ je navíc počesaný a má vlasový povrch z obou stran. Kromě toho je tento materiál dvouútkový, takže počítání



nití v dostavě pomocí obrazové analýzy není nejvhodnější. Zřejmě to je hlavní důvod výše uvedených výsledků.

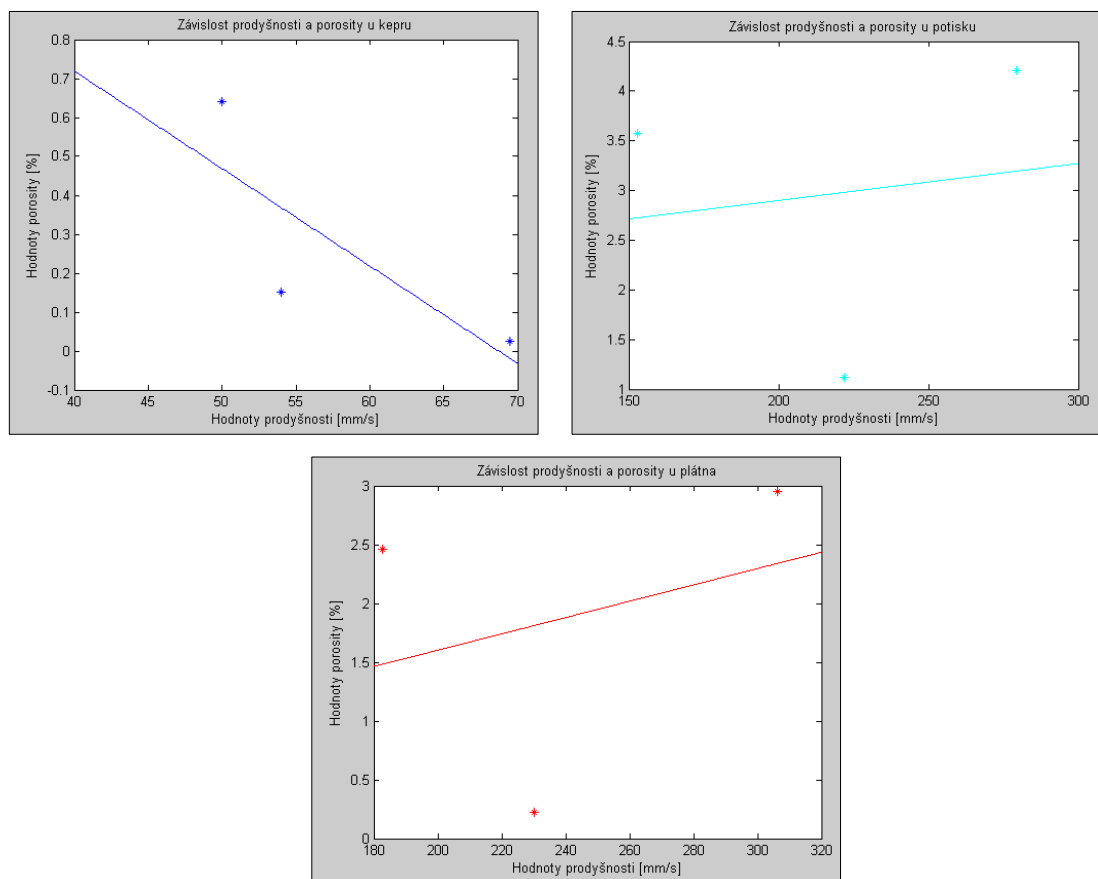


Obr. 27.: Závislost mezi vypočítanou porositou a prodyšností

Tab. 23.: Korelační koeficienty

Hodnoty korelačních koeficientů		
Prodyšnost / vypočítaná porosita		
kepr	potisk	plátno
0,9996	1,0000	0,9479

Vysoké hodnoty korelačních koeficientů ukazují, že vztah mezi predikovanou porositou a prodyšností u materiálů „kepr“, „potisk“ a „plátno“ je velmi silný. Je třeba si uvědomit, že se dosazují jen hodnoty porosity i prodyšnosti získané u materiálů před praním, po prvním praní a po padesátém praní. Když se ale dosadí hodnoty naměřené porosity po stejném počtu praní, závislosti mezi porositou a prodyšností nebudou u materiálů tak silné, jak dokazuje Obr. 28..



Obr. 28.: Závíslost mezi naměřenou porositou a prodyšností

Tab. 24.: Korelační koeficienty

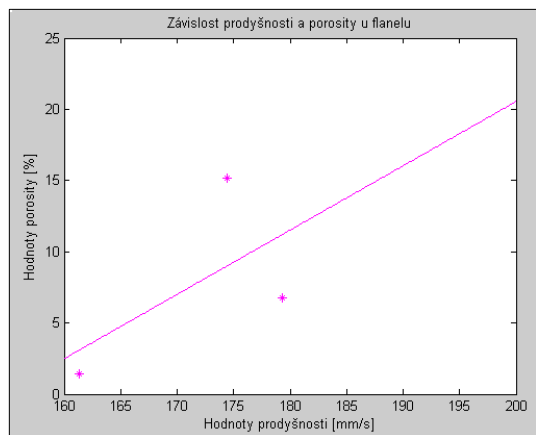
Hodnoty korelačních koeficientů		
Prodyšnost / naměřená porosita		
kepr	potisk	plátno
-0,7934	0,1443	0,2976

Nakonec byly do rovnice pro predikci porosity z plošného zakrytí doplněny hodnoty z Tab. 15., kde jsou uvedeny experimentálně zjištěné dostavy. Ani při tomto pokusu nešla závislost mezi porositou a prodyšností u „kalmuku“ znázornit. Hodnoty porosity vyšly opět záporně.

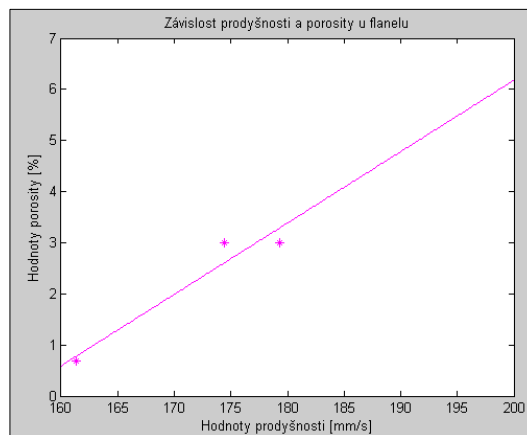
U „flanelu“ je možné metodu použít. Korelační koeficient = 0,6045 vyjadřuje celkem silnou závislost mezi vypočítanou porositou a prodyšností u „flanelu“. Je ale menší než hodnota korelačního koeficientu při vyhodnocení závislosti prodyšnosti a naměřené porosity za předpokladu dosažení jen tří průměrných hodnot porosity,

získaných při měření před praním, po prvním pracím cyklu a po padesátém pracím cyklu. V tomto případě se hodnota korelačního koeficientu rovná hodnotě 0,9658.

a)



b)



Obr. 29., a: Závislost mezi vypočítanou porositou a prodyšností, b: Závislost mezi naměřenou porositou a prodyšností

## 12. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověřit vliv procesu údržby na změnu prodyšnosti tkaniny. Pracovalo se s reálnými materiály, které se lišily strukturou tkaniny, v minimální míře i materiálovým složením. (Materiály jsou označeny jako „kepr“, „potisk“, „kalmuk“, „flanel“ a „plátno“. Popis tkanin je uveden v textu práce.)

V teoretické části byla zhodnocena problematika hodnocení prodyšnosti, přičemž zvláštní pozornost byla věnována významu prodyšnosti tkanin pro běžného uživatele. Vzhledem k tomu, že se při experimentu pracovalo s materiály, které jsou určeny pro výrobu pracovních oděvů, zaměřila se teoretická část konkrétně na význam a požadavky prodyšnosti oděvu při práci.

V řešební části byly popsány teoretické a experimentální modely hodnocení porosity (a s ní související prodyšnosti). Pozornost byla věnována také vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností, jež hraje hlavní roli při predikci a následném hodnocení prodyšnosti. Poslední kapitola teoretické části se zabývá otázkou údržby tkanin, jejím hodnocením a v neposlední řadě také vlivem údržby na kvalitativní vlastnosti tkanin.

Na tkaninách byla po definovaném počtu pracích cyklů experimentálně naměřena prodyšnost a porosita. Měření probíhalo u všech vzorků před praním, po prvním, druhém, pátém, desátém, třicátém a padesátém cyklu. Na základě výsledků byla vyhodnocena dynamika změn hodnot u obou vlastností.

Vyjádřena byla závislost jak porosity, tak prodyšnosti na počtu pracích cyklů – pomocí regresí a korelačních koeficientů. Prodyšnost v závislosti na počtech praní klesala, což je vysvětleno tím, že se materiály po vyprání srazily a jejich dostavy se zvětšily. Což je jeden z možných důvodů klesání prodyšnosti. Po padesátém cyklu se prodyšnost začala opět mírně zvyšovat (např. u „kepru“, „flanalu“ a „plátna“). Příčinou by mohlo být opotřebení materiálu. Závislost v tomto případě je relativně vysoká.

Závislosti mezi hodnotami porosity a daným počtem pracích cyklů byly naopak celkem nízké. Porosita u zkoušených materiálů po prvním praní klesla a následně se zvyšovala. Lze tvrdit, že i při testování porosity působily stejné faktory jako u měření prodyšnosti.

Na závěr se v experimentu ověřovala závislost právě mezi prodyšností a porositou. U dvou („kepr“ a „kalmuk“) z pěti materiálů prodyšnost klesala, ovšem porosita u těchto materiálů rostla, což naprosto vyvrací předešlé tvrzení o silné závislosti mezi těmito vlastnostmi. Příčinou těchto záporných závislostí může být nevhodný způsob měření porosity. Porosita se vyjadřovala na základě obrazové analýzy v programu Lucia<sup>TM</sup>G. K tvrzení, že způsob měření porosity byl nevyhovující, přispívá i fakt, že variační koeficienty jsou vysoké. Mnohdy dosahují hodnot nad 50 %.

Z tohoto důvodu se experimentálně dopočítaly dostavy útku a osnovy a průměry nití u jednotlivých materiálů. Byly doměřeny pomocí obrazové analýzy. Na základě získaných výsledků se znovu počítala porosita tkanin dle modelu, jež vyjadřuje porositu z plošného zakrytí tkaniny (Kap. 7.3). Výsledky nebyly jednoznačné. U materiálů s vlasem („kalmuk“ a „flanel“) vycházely dokonce záporné hodnoty. Lze předpokládat, že na porositu má vliv tvar a chlupatost přízí.

Na závěr se do téhož vzorce (Kap. 7.3) dosadily hodnoty dostavy útku a osnovy, které byly získány přímým počítáním nití na cm tkanin. Ani u tohoto způsobu se nepodařilo vyjádřit hodnotu porosity u „kalmuku“. Hlavní význam na záporné výsledky měla zřejmě složitost struktury. Jedná se o dvouútkovou tkaninu, které má navíc vlasovou úpravu na povrchu.

Při hodnocení prodyšnosti u reálných tkanin má údržba zásadní význam. Běžný uživatel vnímá prodyšnost jako důležitou fyziologickou vlastnost oděvu. Ta se v průběhu života výrobku mění. Je to způsobeno, jak údržbou, tak i mechanickými vlivy, které na něj působí při vlastním používání oděvu – při nošení.

Tento faktor by se mohl považovat za doporučení pro další výzkum v této problematice.

## Seznam použité literatury

- [1] Hes, L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií, Liberec 2005
- [2] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, Vlastnosti délkových a plošných textilií, Liberec, 1988
- [3] Neckář, B.: Struktura a vlastnosti textilií, soubor přednášek
- [4] Havrdová, M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin, Disertační práce, TU v Liberci, 2004
- [5] Delljová, R. A., Afanasjevová, R. F., Čubarovová, Z. S.: Hygiena odívání, SNTL Praha 1984
- [6] Backer, S.: The relationship between the structural geometry of a textile fabric and its physical properties, Part IV: Interstice geometry and air permeability, Textile Research Journal 21, 1951, str. 703 – 713
- [7] Šindelková, L.: Hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny, Diplomová práce TU v Liberci, 2007
- [8] Halasová, A.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních sendvičů v podmínkách rychle proudícího vzduchu, autoreferát dizertační práce, TUL 2007
- [9] Staněk, J., Kubíčková, M.: Oděvní materiály, Liberec 1986
- [10] Neckář, B.: Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů, TU v Liberci, 1998
- [11] Čapková L.: Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou, Diplomová práce TU v Liberci, 2010
- [12] Gooijer, H.: Flow resistance of textile materials, Thesis UT Enschede, 1998. ISBN 90-36511240
- [13] Lu W.-M., Tung K.-L.: Fluid flow through basic weaves of monofilament filter cloth, Textile Research Journal 66, 1996
- [14] Šustrová, A.: Predikce prodyšnosti bavlnářských tkanin, Diplomová práce TU v Liberci, 2010
- [15] Militký, J., Havrdová, M.: Porosity and permeability of composite clean room textiles, 3rd International conference: Innovation and modeling of clothing engineering process, TU v Liberci, 2000
- [16] <http://www.hybler.cz/4029-udrzba-a-cisteni-textilii.html>

- [17] Kryštůfek, J., Machaňová, D., Odvárka, J., Prášil, M.: Technologie zušlechťování, Liberec, 2002
- [18] Pejchalová, Z.: Stárnutí textilií, Bakalářská práce, TU Liberec, 2009
- [19] <http://www.palicka.cz/>
- [20] ČSN EN ISO 3758 (80 0005) Textilie - SYMBOLY PRO OŠETŘOVÁNÍ
- [21] Pařilová, H.: Textilní zbožíznalství, Liberec, 2005
- [22] <http://www.sotex.cz/index.php?docid=33#autotable2>
- [23] [http://www.environmentalexpert.com/stse\\_resulteach\\_product.aspx?cid=21242&idproduct=17069&codi=17069](http://www.environmentalexpert.com/stse_resulteach_product.aspx?cid=21242&idproduct=17069&codi=17069)
- [24] ČSN EN ISO 9237 ZJIŠŤOVÁNÍ PRODYŠNOSTI PLOŠNÝCH TEXTILIÍ
- [25] <http://cs.wikipedia.org>
- [26] ČSN EN 26330 POSTUPY DOMÁCÍHO PRANÍ A SUŠENÍ PRO ZKOUŠENÍ TEXTILIÍ (ISO 6330:1984).
- [27] Hejna, M.: Přehled statistických testů a softwarová podpora těchto testů na ZEU, Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, 2009
- [28] Doňar, B., Zaplatílek, K.: Matlab pro začátečníky
- [29] Šimko, M., Tunák, M.: Informační a komunikační technologie, studijní materiály TUL
- [30] Linka, A., Šimko, M., Tunák, M., Týř, J.: Počítačová podpora řízení jakosti a analýza dat, studijní materiály TUL
- [31] Militký, J., Meloun, M.: Kompendium statistického zpracování dat, SERIFA s r.o., vydání 1, Praha 2002

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti u jednotlivých materiálů

Příloha 2: Experimentálně naměřené hodnoty porosity u jednotlivých materiálů

Příloha 3: Přesné nastavení postupu praní

Příloha 4: Statistické charakteristiky u jednotlivých materiálů – výsledky prodyšnosti

Příloha 5: Statistické charakteristiky u jednotlivých materiálů – výsledky porosity

Příloha 6: Průběžné výsledky při měření dostav

Příloha 7: Průběžné výsledky při měření průměrů nití

Příloha 8: Vzorky materiálů použitých při experimentu



## **Příloha 1:**

Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti u jednotlivých materiálů

Výsledky měření prodyšnosti u kepru [mm/s]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	68,8	53,3	47,6	51,2	39,8	40,1	44,7
2	67,4	49,8	51,1	51,0	40,9	42,3	47,3
3	67,7	52,7	50,8	52,0	39,6	42,7	45,6
4	68,1	53,6	51,2	53,5	43,5	43,3	46,5
5	65,9	51,8	52,2	50,7	46,2	44,4	48,2
6	69,9	56,3	52,3	55,6	46,1	45,4	49,5
7	68,1	54,4	53,5	53,4	45,3	46,6	53,0
8	68,7	55,6	52,1	51,9	41,9	45,7	57,7
9	70,7	55,7	53,6	53,7	44,2	47,1	55,2
10	76,9	56,5	54,7	53,9	44,2	47,7	58,7
11	73,2	54,9	55,2	49,5	44,3	47,8	56,9
12	71,0	56,1	52,7	50,6	45,7	47,0	51,9
13	70,1	53,9	51,2	48,1	43,8	45,3	51,1
14	70,3	54,8	51,0	50,7	45,2	44,6	51,6
15	69,5	55,2	52,8	49,9	47,1	46,5	50,8
16	69,5	56,2	48,6	48,6	43,1	43,8	48,3
17	68,3	54,1	51,1	49,0	44,6	45,1	48,9
18	69,8	52,6	49,6	47,7	44,9	44,6	44,8
19	69,4	52,4	47,2	47,4	42,4	41,8	43,6
20	66,1	50,1	50,3	44,5	45,2	43,2	45,5
$\bar{x}$	69,47	54,0	51,44	50,645	43,9	44,75	49,99

Výsledky měření prodyšnosti u potisku [mm/s]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	266	204	187	191	174	154	143
2	296	222	186	201	168	146	150
3	281	223	191	213	169	152	143
4	293	237	201	225	178	164	146
5	300	241	202	230	189	157	154
6	288	234	216	223	203	170	153
7	275	219	215	202	208	164	151
8	303	248	226	223	212	176	160
9	301	244	230	216	206	177	156
10	290	235	248	216	222	190	156
11	310	255	226	231	193	165	169
12	288	232	228	214	200	157	153
13	286	233	232	216	201	162	158
14	272	223	211	203	182	145	161
15	275	221	219	205	188	156	162
16	256	202	224	189	193	165	149
17	258	201	222	191	187	158	148
18	254	187	207	181	181	154	145
19	258	186	212	178	182	155	147
20	240	190	199	187	172	145	150
$\bar{x}$	279,5	221,85	214,1	206,75	190,4	160,6	152,7

Výsledky měření prodyšnosti u kalmuku [mm/s]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	162	224	269	206	263	188	254
2	149	232	247	229	253	202	227
3	154	241	231	243	232	218	202
4	150	252	218	242	212	217	189
5	137	227	214	221	220	217	194
6	158	243	211	235	208	228	197
7	141	244	225	224	210	221	181
8	143	232	221	220	205	210	195
9	134	220	206	229	205	212	192
10	155	221	206	227	195	203	175
11	145	224	215	219	202	192	172
12	142	217	235	211	211	200	190
13	136	224	231	226	195	215	187
14	144	225	245	228	225	213	193
15	147	213	249	220	228	193	206
16	141	215	209	227	216	212	208
17	164	219	255	236	229	205	190
18	141	237	228	254	213	209	216
19	149	243	214	263	205	213	187
20	148	267	221	274	203	228	171
$\bar{x}$	147	231	227,5	231,7	216,5	209,8	196,3

Výsledky měření prodyšnosti u flanelu [mm/s]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	178	191	146	178	184	146	192
2	167	184	143	176	181	137	186
3	155	180	141	182	178	141	187
4	163	172	145	175	174	145	176
5	159	179	152	183	186	146	190
6	163	168	152	192	185	149	194
7	167	175	154	209	191	147	199
8	164	170	148	201	182	141	186
9	169	169	161	204	176	152	183
10	171	173	165	202	170	153	174
11	179	152	169	173	164	168	175
12	190	151	173	176	160	175	160
13	189	145	163	163	149	165	153
14	207	157	176	157	156	174	156
15	182	153	163	155	150	167	164
16	195	141	156	148	145	155	159
17	188	140	155	153	152	148	165
18	192	140	156	148	144	161	161
19	193	138	163	144	143	169	161
20	215	149	166	150	149	175	167
$\bar{x}$	179,3	161,35	157,35	173,45	165,95	155,7	174,4

Výsledky měření prodyšnosti u plátna [mm/s]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	324	226	212	202	198	179	168
2	309	212	211	195	183	170	169
3	307	224	216	199	184	170	186
4	323	222	226	208	197	172	193
5	313	232	218	207	201	179	190
6	329	221	233	210	203	176	193
7	330	239	237	211	204	190	200
8	317	234	229	206	199	189	186
9	318	240	229	207	192	192	188
10	320	231	216	205	181	186	185
11	311	232	218	203	186	180	186
12	316	235	224	212	189	184	199
13	302	235	216	206	176	183	196
14	302	245	222	208	179	192	189
15	275	239	204	190	171	191	167
16	283	232	201	200	172	185	177
17	278	236	199	197	170	186	169
18	285	223	201	198	169	179	166
19	288	219	200	187	158	171	163
20	296	224	221	188	172	173	184
$\bar{x}$	306,3	230,05	216,65	201,95	184,2	181,35	182,7

## **Příloha 2:**

Experimentálně naměřené hodnoty porosity u jednotlivých materiálů

Výsledky měření porosity u kepru [%]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	0,0647759	0,201456	1,106990	2,92099	4,56567	2,12055	0,0032559
2	0,0144189	0,193904	1,098130	2,80012	4,38275	2,11077	0,0027550
3	0,0242500	0,186856	1,089420	2,68913	4,21427	2,09504	0,0013775
4	0,0085202	0,180325	1,080850	2,58607	4,05865	2,08261	0,0113958
5	0,0075371	0,173808	1,072410	2,49095	3,91450	2,07031	0,0061362
6	0,1065030	0,168158	1,056000	2,40224	3,77931	2,05813	0,0202869
7	0,0051340	0,163038	1,047980	2,31994	3,65410	2,04604	0,0281763
8	0,0017477	0,158444	1,040210	2,24290	3,53609	2,03416	0,0128985
9	0,0241408	0,153678	1,032430	2,17085	3,42540	2,02235	0,0063866
10	0,0078648	0,149316	1,024860	2,10333	3,32131	2,01071	0,0186590
11	0,0517770	0,145037	1,017480	2,03974	3,22413	1,99921	0,0275502
12	0,0238131	0,141805	1,010070	1,98029	3,13231	1,98788	0,0271745
13	0,0080833	0,139089	1,002880	1,92398	3,04533	1,97665	0,0144012
14	0,0304763	0,136076	0,995691	1,87089	2,96282	1,96551	0,0259222
15	0,0021846	0,133053	0,988542	1,82043	2,88480	1,95449	0,0136499
16	0,0198806	0,129796	0,981512	1,77253	2,81073	1,94358	0,0399478
17	0,0237038	0,126563	0,974562	1,72732	2,74053	1,93281	0,0150274
18	0,0310225	0,123473	0,967756	1,68442	2,67355	1,92214	0,0076389
19	0,0389966	0,120683	0,961066	1,64357	2,60984	1,91159	0,0182833
20	0,0104865	0,118074	0,954492	1,60459	2,54980	1,90114	0,0036316
$\bar{x}$	0,0252658	0,1521316	1,0251666	2,139714	3,3742945	2,0072836	0,6402727



Výsledky měření porosity u potisku [%]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	4,18662	0,811354	1,25292	1,33260	1,88651	2,30818	2,49305
2	5,95796	0,847859	1,25969	1,33127	1,88900	2,30634	2,78834
3	4,02747	0,880197	1,26356	1,33694	1,89059	2,35796	3,73135
4	4,27029	0,919675	1,27158	1,35289	1,89812	2,31652	3,44205
5	3,93134	0,966699	1,27951	1,35863	1,90715	2,32143	3,15136
6	4,55616	1,01112	1,28508	1,36628	1,92298	2,32215	2,96657
7	2,92387	1,03465	1,29108	1,37436	1,92083	2,32817	3,63380
8	5,63736	1,06511	1,29873	1,38174	1,92222	2,36096	5,42687
9	3,83652	1,09923	1,30608	1,38803	1,94186	2,33828	3,03472
10	3,94914	1,12254	1,31658	1,39311	1,94221	2,34051	3,94832
11	4,09650	1,15039	1,31866	1,40031	1,94871	2,34610	4,55046
12	3,38659	1,18912	1,32649	1,40890	1,95669	2,34835	3,04329
13	4,34665	1,21396	1,33147	1,42293	1,96747	2,34932	5,87432
14	3,28784	1,23742	1,33760	1,43780	1,97845	2,34978	2,41653
15	4,29487	1,26336	1,34067	1,44084	1,98486	2,35084	2,34840
16	4,32677	1,27975	1,34529	1,45069	2,00555	2,36137	6,43782
17	4,09901	1,28969	1,35351	1,44745	2,00547	2,36833	3,44502
18	3,72336	1,30758	1,35419	1,45849	2,00983	2,37217	3,18430
19	4,76425	1,31850	1,35706	1,47680	2,02014	2,37917	2,83078
20	4,65622	1,32749	1,35901	1,48461	2,02422	2,38160	2,70643
$\bar{x}$	4,2129395	1,1167847	1,312438	1,4022335	1,951143	2,3453765	3,572689

Výsledky měření porosity u kalmuku [%]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	1,394700	0,150560	1,35586	1,58354	2,49223	2,36876	0,0093921
2	0,905661	0,163916	1,35170	1,55746	2,44422	2,35243	0,1152100
3	1,771780	0,173078	1,34883	1,53027	2,41412	2,33823	0,2100070
4	1,417310	0,182782	1,34418	1,50014	2,36613	2,32238	0,3979750
5	4,362920	0,229699	1,33935	1,47645	2,33621	2,30738	0,2880250
6	3,026010	0,258332	1,33478	1,48525	2,31492	2,29356	0,2340510
7	2,109530	0,297035	1,33145	1,47332	2,26935	2,27996	0,3413720
8	0,986713	0,314492	1,32553	1,46088	2,23141	2,26990	0,0439551
9	2,277750	0,322496	1,32060	1,43896	2,19067	2,25520	0,2672370
10	0,911778	0,337679	1,31620	1,41512	2,14994	2,24442	0,0528462
11	1,321080	0,369173	1,31043	1,39557	2,12439	2,23386	0,4470640
12	1,101190	0,396795	1,30634	1,37625	2,10710	2,22182	0,5156890
13	3,231150	0,406699	1,30091	1,35218	2,07029	2,20846	0,1579130
14	3,424820	0,419108	1,29508	1,35148	2,05401	2,19554	0,1286090
15	3,729260	0,416732	1,28966	1,34077	2,01999	2,18416	0,0187842
16	1,767740	0,433714	1,28449	1,32307	1,98854	2,17248	0,2385590
17	2,341980	0,434134	1,27933	1,31522	1,95730	2,16388	0,1475190
18	2,480930	0,452268	1,27385	1,31876	1,93360	2,15721	0,1237630
19	1,421250	0,455301	1,27141	1,31900	1,90789	2,14573	0,0084279
20	2,289330	0,458324	1,27148	1,30893	1,87847	2,13356	0,2658590
$\bar{x}$	2,1136441	0,3336159	1,312573	1,416131	2,162539	2,242446	0,2006129

Výsledky měření porosity u flanelu [%]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	2,13859	0,465527	0,98066	1,29375	2,01036	2,39898	1,72865
2	3,06402	0,472383	1,01681	1,27625	2,20473	2,41838	1,95776
3	2,98373	0,528611	1,01344	1,30730	2,26419	2,39880	1,24182
4	4,42956	0,581988	1,03538	1,29766	2,28076	2,38641	1,50261
5	1,86026	0,682517	1,05148	1,32066	2,31229	2,37360	6,69081
6	2,24454	0,682593	1,04870	1,34180	2,32850	2,36068	1,19205
7	5,95927	0,678045	1,05706	1,34291	2,31865	2,35675	8,32679
8	5,45232	0,686504	1,05790	1,38947	2,30446	2,35254	1,88794
9	1,25882	0,686736	1,07106	1,37425	2,33468	2,35481	3,52354
10	2,55892	0,705327	1,06697	1,36205	2,32446	2,35287	7,62614
11	5,01844	0,727045	1,09399	1,37017	2,34560	2,33873	1,68883
12	2,62009	0,730138	1,10247	1,36155	2,32917	2,32672	3,53043
13	0,90118	0,729705	1,12580	1,36624	2,32272	2,31616	2,11510
14	8,83530	0,731223	1,12195	1,36160	2,31385	2,31680	2,93222
15	1,41677	0,728859	1,21999	1,35555	2,30458	2,30807	3,30352
16	0,70969	0,728748	1,21713	1,34596	2,28569	2,30597	2,16695
17	0,51821	0,725288	1,21263	1,33806	2,34281	2,30344	1,35647
18	3,26381	0,721696	1,22849	1,33043	2,33276	2,29254	1,04490
19	3,83652	0,739193	1,24908	1,31776	2,35029	2,31679	1,08748
20	1,05509	0,782545	1,25699	1,31823	2,41162	2,30737	4,94713
$\bar{x}$	3,0062567	0,6757336	1,111399	1,3385825	2,3011085	2,3443205	2,992557

Výsledky měření porosity u plátna [%]							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
1	3,81730	0,151726	1,31460	5,03379	17,1501	1,90261	2,86271
2	3,67661	0,110436	1,30196	4,24308	13,9865	1,98316	2,20051
3	3,57622	0,089599	1,28960	4,12366	12,0242	1,90254	1,98098
4	2,68192	0,361150	1,27745	3,83293	10,5203	1,90365	1,78200
5	2,48726	0,266375	1,26552	3,59765	9,49549	1,90022	2,86685
6	3,15217	0,269836	1,25380	3,47683	8,68687	1,89865	2,71332
7	2,34580	0,243143	1,24230	3,44917	7,97685	1,89910	1,66829
8	2,31511	0,235050	1,23103	3,41773	7,39197	1,90056	2,34753
9	3,07767	0,237088	1,21998	3,35632	6,94508	1,90279	2,52635
10	3,78518	0,252877	1,20909	3,28704	6,58744	1,90367	2,40125
11	4,12621	0,238038	1,19839	3,28169	6,29470	1,90470	2,83040
12	3,66656	0,226778	1,18788	3,30676	6,07854	1,90693	2,78282
13	2,29709	0,222772	1,17757	3,29851	5,87500	1,91104	2,72496
14	2,83157	0,221855	1,16746	3,33432	5,65794	1,91195	2,79772
15	2,66805	0,213482	1,15748	3,33252	5,47471	1,91314	2,11047
16	2,07141	0,219409	1,14769	3,27475	5,29710	1,91481	2,81864
17	2,97696	0,219544	1,13805	3,22102	5,13931	1,91629	2,67976
18	3,14977	0,219255	1,12857	3,19213	5,00303	1,92032	2,67011
19	2,22161	0,214005	1,11927	3,02781	4,86889	1,91973	1,95143
20	2,04465	0,210385	1,11009	3,05287	4,76489	1,92029	2,52510
$\bar{x}$	2,948456	0,2211402	1,206889	3,507029	7,7609455	1,9118075	2,46206

### **Příloha 3:**

Nastavení programu praní

**Přehled programu**

**Typ:** WS5071  
**Výrobní číslo:** 46984994

---

Blokováno:	Ne
Materiál číslo:	
Počet jazyku:	1
Jazyk 1:	CZ
Název programu a název bloku zo	
Aktivace bloku	Ne
Stop programu 1:	Ne
Signál pro stop programu:	Ne
Libovolná volba teploty:	Ne
Hodnota nastavené teploty:	Studena
Hystereze:	Normální
Úroveň 1:	0 mm
Přívod vody 1:	Automaticky
Dávkování 1:	Ne
Čas dávkování 1 / Rele 1:	0 s
Čas dávkování 1 / Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 1:	Ne
Pohyb od úrovně:	Automaticky
Počet otáček:	Normální
Rytmus:	Normální
Délka praní 1:	0 min
Termostop:	Ne
Úroveň 2:	0 min
Přívod vody 2:	Automaticky
Dávkování 2:	Ne
Čas dávkování 2 / Rele 1:	0 s
Zpoždění dávkování 2:	Ne
Délka praní 2:	0 min
Délka praní 3:	0 min
Ochlazení	Ne
Délka praní 4:	0 min
Stop programu 2:	Ne
Signál pro stop programu 2:	Ne
Vypouštěcí ventily:	Ne
Vypouštění s pohybem:	Ne
Úroveň vypouštění:	0 mm
Délka praní 5:	0 min
Vypouštěcí ventily:	WS
Délka odstředování:	Automaticky
Libovolná volba otáček odstředování	Ne
Počet otáček pro odstředování:	0 ot./min
Opakování	Ne
Signál pro konec bloku	Ne

Název programu a název bloku zo	Hlavní praní
Aktivace bloku:	Neustále
Stop programu 1:	Ne
Signál pro stop programu 1:	Ne
Libovolná volba teploty:	Ano
Hodnota nastavené teploty:	60°C, nebo 95°C
Hystereze:	Normální
Úroveň 1:	50 mm
Přívod vody 1:	Automaticky
Dávkování 1:	Rele 1: 1 Rele 2: 0
Čas dávkování 1/ Rele 1:	2 s
Čas dávkování 1/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 1:	Ne
Pohyb od úrovně:	Automaticky
Počet otáček:	Normální
Rytmus:	Normální
Délka praní 1:	10 min
Termostop.	Ano
Úroveň 2:	50 mm
Přívod vody 2:	Automaticky
Dávkování 2:	Ne
Čas dávkování 2/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 2/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 2:	Ne
Délka praní 2:	6 min
Délka praní 3:	2 min
Ochlazení	Konečná tep.: 45°C Změna: 20°K/min
Délka praní 4:	1 min
Stop programu 2.	Ne
Signál pro stop programu 2:	Ne
Vypouštěcí ventily:	WS + WRG
Vypouštění s pohybem:	Ano
Úroveň vypouštění:	0 mm
Délka praní 5:	0 min
Vypouštěcí ventily:	WS + WRG
Délka odstřed'ování:	1 min
Libovolná volba otáček odstřed'ování:	Ano
Počet otáček pro odstřed'ování:	300 ot./min
Opakování	Ne
Signál pro konec programu:	Ne

Název programu a název bloku zo	Máchání 1
Aktivace bloku:	Neustále
Stop programu 1:	Ne
Signál pro stop programu 1:	Ne
Libovolná volba teploty:	Ne
Hodnota nastavené teploty:	30°C
Hystereze:	Normální
Úroveň 1:	50 mm

Přívod vody 1:	Automaticky
Dávkování 1:	Ne
Čas dávkování 1/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 1/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 1:	Ne
Pohyb od úrovně:	Automaticky
Počet otáček:	Normální
Rytmus:	Normální
Délka praní 1:	6 min
Termostop:	Ne
Úroveň 2:	50 mm
Přívod vody 2:	Automaticky
Dávkování 2:	Ne
Čas dávkování 2/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 2/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 2:	Ne
Délka praní 2:	0 min
Délka praní 3:	2 min
Ochlazení	Ne
Délka praní 4:	0 min
Stop programu 2:	Ne
Signál pro stop programu 2:	Ne
Vypouštěcí ventily:	WS + WRG
Vypouštění s pohybem:	Ano
Úroveň vypouštění:	0 mm
Délka praní 5:	0 min
Vypouštěcí ventily:	WS + WRG
Délka odstřed'ování:	1 min
Libovolná volba otáček odstřed'ování.	Ano
Počet otáček pro odstřed'ování:	500 ot./ min
Opakování	Ne
Signál pro konec bloku	Ne

Název programu a název bloku zo	Máchání 2
Aktivace bloku:	Neustále
Stop programu 1:	Ne
Signál pro stop programu 1:	Ne
Libovolná volba teploty:	Ne
Hodnota nastavené teploty:	studená
Hystereze:	Normální
Úroveň 1:	50 mm
Přívod vody 1:	Automaticky
Dávkování 1:	Ne
Čas dávkování 1/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 1/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 1:	Ne
Pohyb od úrovně:	Automaticky
Počet otáček:	Normální
Rytmus:	Normální



Délka praní 1:	5 min
Termostop:	Ne
Úroveň 2:	50 mm
Přívod vody 2:	Automaticky
Dávkování 2:	Ne
Čas dávkování 2/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 2/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 2:	Ne
Délka praní 2:	0 min
Délka praní 3:	0 min
Ochlazení	Ne
Délka praní 4:	0 min
Stop programu 2:	Ne
Signál pro stop programu 2:	Ne
Vypouštěcí ventily:	WS
Vypouštění s pohybem:	Ano
Úroveň vypouštění:	0 mm
Délka praní 5:	0 min
Vypouštěcí ventily:	WS
Délka odstředování:	1 min
Libovolná volba otáček odstředování.	Ano
Počet otáček pro odstředování:	1500 ot./ min
Opakování	Ne
Signál pro konec bloku	Ne

Název programu a název bloku zo	Máchání 3
Aktivace bloku:	Neustále
Stop programu 1:	Škrobení
Signál pro stop programu 1:	Ne
Libovolná volba teploty:	Ano
Hodnota nastavené teploty:	50°C
Hystereze:	Normální
Úroveň 1:	50 mm
Přívod vody 1:	K3 K4 W1 W2
Dávkování 1:	Ne
Čas dávkování 1/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 1/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 1:	Ne
Pohyb od úrovně:	Automaticky
Počet otáček:	Normální
Rytmus:	Normální
Délka praní 1:	3 min
Termostop:	Ne
Úroveň 2:	50 mm
Přívod vody 2:	K3 K4 W1 W2
Dávkování 2:	Ne
Čas dávkování 2/ Rele 1:	0 s
Čas dávkování 2/ Rele 2:	0 s
Zpoždění dávkování 2:	Ne

Délka praní 2:	0 min
Délka praní 3:	2 min
Ochlazení	Ne
Délka praní 4:	0 min
Stop programu 2:	Bez odstředování
Signál pro stop programu 2:	Ne
Vypouštěcí ventily:	WS
Vypouštění s pohybem:	Ano
Úroveň vypouštění:	0 mm
Délka praní 5:	0 min
Vypouštěcí ventily:	WS
Délka odstředování:	Automaticky
Libovolná volba otáček odstředování.	Ano
Počet otáček pro odstředování:	1500 ot./ min
Opakování	4 * Program
Signál pro konec bloku	Ano

#### **Příloha 4:**

Statistické charakteristiky u jednotlivých materiálů – výsledky prodyšnosti

Statistické charakteristiky u kepru							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
arit. průměr	69,32	54,00	51,46	50,65	43,90	44,75	49,90
medián	69,45	54,25	51,20	50,70	44,25	44,85	49,20
modus	68,10	49,80	51,10	50,70	44,20	44,60	43,60
dolní kvantil	68,10	52,65	50,55	48,80	42,75	43,25	46,05
horní kvantil	70,20	55,65	52,75	52,70	45,25	46,55	52,45
inter. rozpětí	2,10	3,00	2,20	3,90	2,50	3,30	6,40
rozpětí	11,00	6,70	8,00	11,10	7,50	7,70	15,10
rozptyl	5,8969	3,8874	4,4888	7,1721	4,3232	4,3647	20,4988
směr. odch.	2,4284	1,9716	2,1187	2,6781	2,0792	2,0892	4,5276
var. koef.	3,503	3,651	4,117	5,288	4,736	4,669	9,037
minimum	65,90	49,80	47,20	44,50	39,60	40,10	43,60
maximum	76,90	56,50	55,20	55,60	47,10	47,80	58,70
95% interval spolehlivosti	<69,6962 - 70,2438>	<53,2262 - 54,7738>	<50,6662 - 52,2138>	<49,8712 - 51,4188>	<43,1262 - 44,6738>	<43,9762 - 45,5238>	<49,2162 - 50,7638>
konfidenční interval	<68,3335 - 70,6065>	<53,0772 - 54,9228>	<50,4484 - 52,4316>	<49,3916 - 51,8984>	<42,9269 - 44,8731>	<43,7722 - 45,7278>	<47,8710 - 52,1090>

Statistické charakteristiky u potisku							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	279,50	221,85	214,10	206,75	190,40	160,60	152,70
medián	283,50	223,00	215,50	209,00	188,50	157,50	152,00
modus	258,00	223,00	226,00	216,00	182,00	145,00	143,00
dolní kvantil	262,00	203,00	201,00	191,00	179,50	154,00	147,50
horní kvantil	294,50	236,00	226,00	219,50	202,00	165,00	157,00
inter. rozpětí	32,50	33,00	24,50	28,50	22,50	11,00	9,50
rozpětí	70,00	69,00	62,00	53,00	54,00	45,00	26,00
rozptyl	372,895	425,818	266,095	268,513	229,726	129,937	47,5895
směr. odch.	19,3105	20,6354	16,3124	16,3864	15,1567	11,399	6,8985
variační koef.	6,909	9,302	7,619	7,926	7,960	7,120	4,518
minimum	240,00	186,00	186,00	178,00	168,00	145,00	143,00
maximum	310,00	255,00	248,00	231,00	222,00	190,00	169,00
95% interval spolehlivosti	<277,085 - 281,915>	<219,435 - 224,265>	<211,685 - 216,515>	<204,335 - 209,165>	<187,985 - 192,815>	<158,185 - 163,015>	<150,285 - 155,115>
konfidenční interval	<270,462 - 288,538>	<212,192 - 231,508>	<206,466 - 221,734>	<199,081 - 214,419>	<183,306 - 197,494>	<155,265 - 165,935>	<149,471 - 155,929>

Statistické charakteristiky u kalmuku							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	147,00	231,00	227,50	231,20	216,25	209,80	194,85
medián	146,00	223,00	223,00	227,50	211,50	212,00	192,50
modus	141,00	223,00	206,00	220,00	205,00	212,00	187,00
dolní kvantil	141,00	203,00	214,00	220,50	205,00	202,50	187,00
horní kvantil	152,00	236,00	240,00	239,00	226,50	217,00	204,00
inter. rozpětí	11,00	33,00	26,00	18,50	21,50	14,50	17,00
rozpětí	30,00	69,00	63,00	68,00	68,00	40,00	81,00
rozptyl	69,3684	425,818	313,105	280,642	315,737	121,96	378,116
směr. odch.	8,3288	20,6354	17,6948	16,7524	17,769	11,0435	19,4452
variační koef.	5,666	8,933	7,778	7,246	8,217	5,264	9,980
minimum	134,00	186,00	206,00	206,00	195,00	188,00	171,00
maximum	164,00	255,00	269,00	274,00	263,00	228,00	254,00
95% interval spolehlivosti	<144,516 - 149,484>	<229,366 - 234,334>	<225,016 - 229,984>	<229,216 - 234,184>	<214,016 - 218,984>	<207,316 - 212,284>	<193,816 - 198,784>
konfidenční interval	<143,102 - 150,898>	<212,192 - 231,508>	<219,219 - 235,782>	<223,859 - 239,540>	<208,184 - 224,816>	<204,632 - 214,969>	<187,199 - 205,401>

Statistické charakteristiky u flanelu							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	179,30	161,35	157,35	173,45	165,95	155,70	174,40
medián	178,50	162,50	156,00	175,50	167,00	152,50	174,50
modus	163,00	140,00	163,00	148,00	149,00	141,00	161,00
dolní kvantil	165,50	147,00	150,00	154,00	149,50	146,00	161,00
horní kvantil	191,00	174,00	164,00	187,50	181,00	167,50	186,50
inter. rozpětí	25,50	27,00	14,00	33,50	32,00	21,50	25,50
rozpětí	60,00	53,00	35,00	65,00	48,00	38,00	46,00
rozptyl	272,432	275,713	99,5026	429,840	270,471	154,537	205,200
směr. odch.	16,5055	16,6046	9,9751	20,7326	16,446	12,4313	14,3248
variační koef.	9,206	10,291	6,339	11,953	9,910	7,984	8,214
minimum	155,00	138,00	141,00	144,00	143,00	137,00	153,00
maximum	215,00	191,00	176,00	209,00	191,00	175,00	199,00
95% interval spolehlivosti	<176,635 - 181,965>	<158,685 - 164,015>	<154,685 - 160,015>	<170,785 - 176,115>	<163,285 - 168,615>	<153,035 - 158,365>	<171,735 - 177,065>
konfidenční interval	<171,575 - 187,025>	<153,579 - 169,121>	<152,682 - 162,019 >	<163,747 - 183,153>	<158,253 - 173,647>	<149,882 - 161,518>	<167,696 - 181,104>

Statistické charakteristiky u plátna							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	306,30	230,05	216,65	201,95	184,20	181,35	182,70
medián	310,00	232,00	217,00	204,00	183,50	181,50	186,00
modus	302,00	232,00	216,00	206,00	172,00	179,00	186,00
dolní kvantil	292,00	223,50	207,50	197,50	172,00	174,50	169,00
horní kvantil	319,00	235,50	225,00	207,50	197,50	187,50	191,50
inter. rozpětí	27,00	12,00	17,50	10,00	25,50	13,00	22,50
rozpětí	55,00	33,00	38,00	25,00	46,00	22,00	37,00
rozptyl	291,168	69,9447	130,134	56,6816	178,168	57,2921	139,59
směr. odch.	17,0637	8,3633	11,4076	7,5287	13,348	7,5692	11,8148
variační koef.	5,571	3,635	5,265	3,728	7,246	4,174	6,467
minimum	275,00	212,00	199,00	187,00	158,00	170,00	163,00
maximum	330,00	245,00	237,00	212,00	204,00	192,00	200,00
95% interval spolehlivosti	<304,634 - 307,966>	<228,384 - 231,716>	<214,984 - 218,316>	<200,284 - 203,616>	<182,534 - 185,866>	<179,684 - 183,016>	<181,034 - 184,366>
konfidenční interval	<298,314 - 314,286>	<226,136 - 233,964>	<211,311 - 221,989>	<198,427 - 205,474>	<177,953 - 190,447>	<177,808 - 184,893>	<177,171 - 188,229>

## **Příloha 5:**

Statistické charakteristiky u jednotlivých materiálů – výsledky porosity

Statistické charakteristiky u kepru							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	0,0253	0,1521	1,0252	2,1397	3,3743	2,0073	0,0152
medián	0,0218	0,1472	1,0212	2,0715	3,2727	2,0050	0,0140
modus	0,0017	0,1181	0,9545	1,6046	2,5498	1,9011	0,0014
dolní kvantil	0,0080	0,1314	0,9850	1,7965	2,8478	1,9490	0,0063
horní kvantil	0,0307	0,1710	1,0642	2,4466	3,8469	2,0642	0,0231
inter. rozpětí	0,0228	0,0396	0,0792	0,6501	0,9991	0,1152	0,0168
rozpětí	0,1048	0,0834	0,1525	1,3164	2,0159	0,2194	0,0386
rozptyl	0,0006	0,0006	0,0023	0,1624	0,3815	0,0047	0,0001
směr. odch.	0,0253	0,0253	0,0476	0,4030	0,6177	0,0685	0,0105
variační koef.	100,00	16,6338	4,6430	18,8344	18,3060	3,4125	69,0789
minimum	0,0017	0,1181	0,9545	1,6046	2,5498	1,9011	0,0014
maximum	0,1065	0,2015	1,1070	2,9210	4,5657	2,1206	0,0399
95% interval spolehlivosti	<0,4584 - 0,5089>	<-0,3315 - 0,6358>	<0,5415 - 1,5088>	<1,6560 - 2,6234>	<2,8906 - 3,8580>	<1,5236 - 2,4909>	<-0,4684 - 0,4989>
konfidenční interval	<0,0134 - 0,0371>	<0,1403 - 0,1640>	<1,0029 - 1,0475>	<1,9511 - 2,3283>	<3,0852 - 3,6634>	<1,9752 - 2,0393>	<0,0103 - 0,0201>

Statistické charakteristiky u potisku							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	4,2129	1,1168	1,3124	1,4022	1,9511	2,3454	3,5727
medián	4,1428	1,1365	1,3176	1,3967	1,9455	2,3488	3,1678
modus	2,9239	0,8114	1,2529	1,3313	1,8865	2,3063	2,3484
dolní kvantil	3,8839	0,9889	1,2823	1,3625	1,9140	2,3252	2,8096
horní kvantil	4,4514	1,2716	1,3430	1,4441	1,9952	2,3612	3,8398
inter. rozpětí	0,5675	0,2826	0,0607	0,0817	0,0812	0,036	1,0303
rozpětí	3,0341	0,5161	0,1061	0,1533	0,1377	0,0753	4,0894
rozptyl	0,5013	0,0281	0,0012	0,0023	0,0021	0,0005	1,3309
směr. odch.	0,7081	0,1676	0,0353	0,0483	0,0463	0,0225	1,1536
variační koef.	16,8079	15,0072	2,6897	3,4446	2,3730	0,9593	32,2893
minimum	2,9239	0,8114	1,2529	1,3313	1,8865	2,3063	2,3484
maximum	5,9580	1,3275	1,3590	1,4846	2,0242	2,3816	6,4378
95% interval spolehlivosti	<3,6722 - 4,7537>	<0,5760 - 1,6575>	<0,7717 - 1,8532>	<0,8615 - 1,9430>	<1,4104 - 2,4919>	<1,8046 - 2,8861>	<3,0319 - 4,1134>
konfidenční interval	<3,8816 - 4,5443>	<1,0383 - 1,1952>	<1,2959 - 1,3289>	<1,3796 - 1,4249>	<1,9295 - 1,9728>	<2,3348 - 2,3559>	<3,0328 - 4,1126>



Statistické charakteristiky u kalmuku							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	2,1136	0,3336	1,3126	1,4161	2,1625	2,2424	0,2006
medián	1,9407	0,3534	1,3133	1,4053	2,1372	2,2391	0,1840
modus	0,9057	0,1506	1,2714	1,3089	1,8785	2,1336	0,0084
dolní kvantil	1,3579	0,2440	1,2871	1,3319	2,0043	2,1783	0,0840
horní kvantil	2,7535	0,4264	1,3371	1,4809	2,3256	2,3005	0,2776
inter. rozpětí	1,3956	0,1824	0,0500	0,1489	0,3213	0,1221	0,1936
rozpětí	3,4573	0,3078	0,0845	0,2746	0,6138	0,2352	0,5073
rozptyl	1,0136	0,0115	0,00081	0,0078	0,0357	0,0052	0,0218
směr. odch.	1,0068	0,1072	0,0284	0,0881	0,1890	0,0724	0,1476
variační koef.	47,6344	32,1343	2,1636	6,2213	8,7399	3,2287	73,5793
minimum	0,9057	0,1506	1,2714	1,3089	1,8785	2,1336	0,0084
maximum	4,3629	0,4583	1,3559	1,5835	2,4922	2,3688	0,5157
95% interval spolehlivosti	<1,7006 - 2,5266>	<-0,0794 - 0,7466>	<0,8996 - 1,7256>	<1,0031 - 1,8291>	<1,7495 - 2,5755>	<1,8294 - 2,6554>	<-0,2124 - 0,6126>
konfidenční interval	<1,6424 - 2,5848>	<0,2834 - 0,3838>	<1,2993 - 1,3259>	<1,3749 - 1,4574>	<2,0741 - 2,2510>	<2,2086 - 2,2763>	<0,1316 - 0,2697>

Statistické charakteristiky u flanelu							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	3,0063	0,6757	1,1114	1,3386	2,3011	2,3443	2,9926
medián	2,5895	0,7135	1,0825	1,3424	2,3207	2,3456	2,0364
modus	0,5182	0,4655	0,9807	1,2763	2,0104	2,2925	1,0449
dolní kvantil	1,3378	0,6803	1,0501	1,318	2,2951	2,3121	1,4295
horní kvantil	4,133	0,7293	1,2149	1,3618	2,3337	2,3671	3,527
inter. rozpětí	2,7952	0,049	0,1648	0,0438	0,0386	0,055	2,0974
rozpětí	8,3171	0,317	0,2763	0,1132	0,4013	0,1258	7,2819
rozptyl	4,4102	0,0081	0,0077	0,00092	0,0063	0,0014	4,9347
směr. odch.	2,1001	0,0901	0,0877	0,0303	0,0793	0,0369	2,2214
variační koef.	69,8566	13,3343	7,8909	2,2636	3,4462	1,5740	74,2298
minimum	0,5182	0,4655	0,9807	1,2763	2,0104	2,2925	1,0449
maximum	8,8353	0,7825	1,257	1,3895	2,4116	2,4184	8,3268
95% interval spolehlivosti	<1,9989 - 4,0136>	<-0,3316 - 1,6830>	<0,1041 - 2,1187>	<0,3313 - 2,3459>	<1,2938 - 3,3084>	<1,3370 - 3,3516>	<1,9852 - 3,9999>
konfidenční interval	<2,0234 - 3,9891>	<0,6335 - 0,7179>	<1,0704 - 1,1524>	<1,3244 - 1,3527>	<2,2640 - 2,3382>	<2,3270 - 2,3616>	<1,9529 - 4,0322>

Statistické charakteristiky u plátna							
	před praním	první praní	druhé praní	páté praní	desáté praní	třicáté praní	padesáté praní
aritmet. průměr	2,9485	0,2211	1,2069	3,507	7,7609	1,9118	2,4621
medián	2,9043	0,2223	1,2037	3,3334	6,4411	1,9058	2,5982
modus	2,0446	0,0896	1,1101	3,0278	4,7649	1,8986	1,6683
dolní kvantil	2,3305	0,2137	1,1526	3,2782	5,3859	1,9026	2,1555
horní kvantil	3,6214	0,2406	1,2597	3,5372	9,0912	1,9156	2,7903
inter. rozpětí	1,2909	0,0268	0,1071	0,259	3,7053	0,013	0,6348
rozpětí	2,0816	0,2716	0,2045	2,006	12,3852	0,0845	1,1986
rozptyl	0,4242	0,0032	0,004	0,2272	11,309	0,00034	0,1483
směr. odch.	0,6513	0,0566	0,0636	0,4766	3,3629	0,0183	0,3858
variační koef.	22,0892	25,5993	5,2697	13,5899	43,3313	0,9572	15,6695
minimum	2,0446	0,0896	1,1101	3,0278	4,7649	1,8986	1,6683
maximum	4,1262	0,3612	1,3146	5,0338	17,1501	1,9832	3,8668
95% interval spolehlivosti	<1,5570 - 4,3399>	<-1,1703 - 1,6126>	<-0,1846 - 2,5984>	<2,1156 - 4,8985>	<6,3695 - 9,1524>	<0,5203 - 3,3033>	<1,0706 - 3,8535>
konfidenční interval	<2,6435 - 3,2533>	<0,1946 - 0,2476>	<1,1771 - 1,2366>	<3,2840 - 3,7301>	<6,1871 - 9,3348>	<1,9032 - 1,9204>	<2,2815 - 2,6426>

## **Příloha 6:**

### **Průběžné výsledky při měření dostav**

dostavy před praním									
kepr	10 nití	potisk	10 nití	kalmuk	3 nitě	flanel	5 nití	plátno	10 nití
osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
2,55	2,53	3,43	3,86	3,98	1,72	2,24	2,42	3,47	3,77
2,44	3,56	3,41	3,98	4,04	1,6	2,25	2,49	3,45	3,73
2,37	3,53	3,44	3,93	4,07	1,71	2,23	2,56	3,46	3,79
2,32	3,58	3,58	3,98	4,1	1,53	2,22	2,4	3,48	3,73
2,52	3,48	3,47	3,84	4,12	1,74	2,22	2,51	3,49	3,82
2,47	3,59	3,44	3,82	4,12	1,74	2,23	2,59	3,5	3,68
2,43	3,63	3,43	3,84	4,02	1,52	2,22	2,49	3,47	3,75
2,39	3,5	3,42	3,79	4,15	1,67	2,23	2,45	3,51	3,73
2,42	3,57	3,47	3,87	4,12	1,66	2,22	2,48	3,49	3,71
2,51	3,5	3,41	3,87	4,21	1,83	2,22	2,53	3,49	3,74
průměr	2,442	3,447	3,45	3,878	4,093	1,672	2,228	2,492	3,481
sm.odch.	0,072	0,326	0,05	0,065	0,067	0,098	0,01	0,059	0,019
dostavy [cm]	<b>40,95</b>	<b>29,01</b>	<b>28,99</b>	<b>25,79</b>	<b>7,33</b>	<b>17,94</b>	<b>22,44</b>	<b>20,06</b>	<b>28,73</b>
v mm	4,095	2,901	2,899	2,579	0,733	1,794	2,244	2,006	2,873

dostavy po prvním praní									
kepr	10 nití	potisk	10 nití	kalmuk	3 nitě	flanel	5 nití	plátno	10 nití
osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
2,51	3,36	3,33	3,68	4,2	1,71	2,1	2,25	3,31	3,58
2,43	3,42	3,33	3,62	4,13	1,68	2,11	2,29	3,31	3,54
2,55	3,41	3,37	3,7	4,17	1,72	2,08	2,29	3,34	3,61
2,57	3,44	3,38	3,67	4,21	1,73	2,15	2,33	3,42	3,6
2,34	3,39	3,37	3,7	4,01	1,78	2,12	2,3	3,34	3,62
2,5	3,2	3,36	3,65	4,18	1,68	2,12	2,3	3,36	3,64
2,45	3,26	3,4	3,67	4,12	1,68	2,11	2,26	3,4	3,68
2,53	3,39	3,36	3,67	4,01	1,7	2,09	2,29	3,36	3,59
2,61	3,44	3,38	3,67	4,19	1,77	2,2	2,37	3,35	3,56
2,53	3,4	3,36	3,64	4,16	1,66	2,11	2,28	3,37	3,69
průměr	2,502	3,371	3,364	3,667	4,138	1,711	2,119	2,296	3,356
sm.odch.	0,078	0,079	0,022	0,025	0,073	0,04	0,034	0,034	0,035
dostavy [cm]	<b>39,97</b>	<b>29,66</b>	<b>29,73</b>	<b>27,27</b>	<b>7,25</b>	<b>17,53</b>	<b>23,6</b>	<b>21,78</b>	<b>29,8</b>
v mm	3,997	2,966	2,973	2,727	0,725	1,753	2,36	2,178	2,98

	dostavy po padesátém praní									
	kepr	10 nití	potisk	10 nití	kalmuk	3 nitě	flanel	5 nití	plátno	10 nití
	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
	2,75	3,22	3,29	3,56	3,68	1,6	2,06	2,42	3,36	3,56
	2,53	3,17	3,28	3,53	3,73	1,55	2,09	2,34	3,4	3,53
	2,47	3,2	3,29	3,55	3,56	1,59	2,17	2,32	3,3	3,61
	2,32	3,27	3,21	3,56	3,74	1,56	2,16	2,27	3,33	3,55
	2,31	3,15	3,3	3,67	3,66	1,53	2,12	2,39	3,32	3,52
	2,47	3,3	3,31	3,55	3,59	1,46	2,17	2,3	3,33	3,53
	2,48	3,23	3,26	3,58	3,53	1,66	2,19	2,41	3,21	3,41
	2,5	3,21	3,33	3,58	3,7	1,51	2,15	2,26	3,4	3,44
	2,52	3,25	3,3	3,6	3,8	1,41	2,19	2,24	3,38	3,48
	2,53	3,2	3,26	3,58	3,69	1,47	2,06	2,33	3,4	3,47
průměr	2,488	3,22	3,283	3,576	3,668	1,534	2,136	2,328	3,343	3,51
sm.odch.	0,122	0,045	0,033	0,039	0,085	0,074	0,05	0,063	0,059	0,06
dostavy [cm]	<b>40,19</b>	<b>31,06</b>	<b>30,46</b>	<b>27,96</b>	<b>8,179</b>	<b>19,56</b>	<b>23,41</b>	<b>21,48</b>	<b>29,91</b>	<b>28,49</b>
v mm	4,019	3,106	3,046	2,796	0,818	1,956	2,341	2,148	2,991	2,849

## **Příloha 7:**

### **Průběžné výsledky měření průměrů nití**

průměry nití před praním v [mm]										
kepr		potisk		kalmuk		flanel		plátno		
osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	
0,25	0,3	0,24	0,24	0,29	0,69	0,2	0,48	0,18	0,23	
0,22	0,33	0,24	0,33	0,27	0,65	0,21	0,53	0,23	0,22	
0,24	0,3	0,26	0,26	0,25	0,61	0,23	0,49	0,25	0,26	
0,2	0,3	0,19	0,3	0,29	0,64	0,23	0,55	0,22	0,28	
0,25	0,36	0,27	0,25	0,24	0,55	0,24	0,47	0,26	0,25	
0,24	0,34	0,2	0,27	0,24	0,64	0,18	0,58	0,24	0,25	
0,23	0,29	0,26	0,21	0,27	0,58	0,18	0,52	0,17	0,27	
0,21	0,28	0,21	0,3	0,27	0,57	0,22	0,54	0,21	0,25	
0,27	0,37	0,26	0,27	0,32	0,7	0,19	0,56	0,21	0,23	
0,21	0,35	0,25	0,35	0,29	0,66	0,2	0,53	0,24	0,22	
průměr	0,232	0,322	0,238	0,278	0,273	0,629	0,208	0,525	0,221	0,246
sm.od.	0,022	0,032	0,028	0,042	0,025	0,05	0,021	0,036	0,029	0,021

průměry nití po prvním praní v [mm]									
kepr		potisk		kalmuk		flanel		plátno	
osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
0,19	0,29	0,24	0,29	0,4	0,59	0,19	0,45	0,22	0,25
0,23	0,32	0,24	0,25	0,35	0,64	0,21	0,42	0,25	0,21
0,21	0,42	0,23	0,28	0,32	0,72	0,19	0,49	0,19	0,28
0,2	0,33	0,26	0,26	0,24	0,72	0,16	0,55	0,33	0,28
0,18	0,32	0,25	0,26	0,33	0,85	0,17	0,4	0,26	0,3
0,23	0,36	0,21	0,27	0,37	0,73	0,24	0,41	0,25	0,3
0,2	0,36	0,19	0,3	0,29	0,66	0,19	0,38	0,22	0,28
0,21	0,3	0,2	0,31	0,31	0,69	0,19	0,45	0,28	0,24
0,22	0,33	0,29	0,29	0,36	0,7	0,21	0,45	0,18	0,25
0,2	0,32	0,27	0,31	0,42	0,66	0,22	0,47	0,24	0,32
průměr	0,207	0,335	0,238	0,282	0,339	0,696	0,197	0,447	0,242
sm.od.	0,016	0,037	0,032	0,021	0,053	0,069	0,024	0,049	0,044

průměry nití po padesátém praní v [mm]									
kepr		potisk		kalmuk		flanel		plátno	
osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek	osnova	útek
0,21	0,36	0,25	0,3	0,3	0,66	0,2	0,48	0,24	0,24
0,22	0,32	0,18	0,3	0,32	0,62	0,19	0,48	0,17	0,27
0,19	0,28	0,24	0,3	0,3	0,73	0,2	0,48	0,21	0,21
0,2	0,3	0,24	0,3	0,32	0,69	0,19	0,53	0,25	0,28
0,25	0,31	0,23	0,29	0,25	0,57	0,21	0,46	0,27	0,28
0,25	0,29	0,24	0,28	0,24	0,59	0,19	0,48	0,27	0,24
0,22	0,28	0,25	0,31	0,27	0,57	0,21	0,46	0,25	0,26
0,22	0,36	0,26	0,31	0,3	0,58	0,16	0,46	0,3	0,31
0,24	0,37	0,2	0,33	0,32	0,6	0,21	0,48	0,25	0,28
0,25	0,33	0,19	0,34	0,28	0,58	0,19	0,48	0,22	0,33
průměr	0,225	0,32	0,228	0,306	0,29	0,619	0,195	0,479	0,243
sm.od.	0,022	0,034	0,028	0,018	0,029	0,056	0,015	0,02	0,036



## **Příloha 8:**

Vzorky materiálů použitých při experimentu

**Kepr**

**Potisk**

**Kalmuk**

**Flanel**

**Plátno**